

VÄYLÄNPIDON HIILIJALANJÄLKI JA SEN LASKEMINEN



Max Mannola

Väylänpidon hiilijalanjälki ja sen laskeminen

Väyläviraston julkaisuja 50/2019

Väylävirasto

Helsinki 2019

Kannen kuva: Väyläviraston kuva-arkisto

Verkkojulkaisu pdf (www.vayla.fi)

ISSN 2490-0745

ISBN 978-952-317-740-6

Väylävirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0295 34 3000

Max Mannola: Väylänpidon hiilijalanjälki ja sen laskeminen. Väylävirasto. Helsinki 2019. Väyläviraston julkaisuja 50/2019. 60 sivua. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-740-6.

Avainsanat: hiilijalanjälki, hiilidioksidi, päästöt, ilmasto, ilmastomuutos, väylänpito, liikennesuunnittelu, liikennejärjestelmät

Tiivistelmä

Yhä hälyttävämmät arviot ilmastomuutoksen riskeistä ovat kiihdyttäneet tarvetta liittää hiilidioksidipäästöjen vähentäminen ja hiilijalanjäljen laskenta osaksi kaikkien toteutettavien liikenneväylähankkeiden valmistelua. Väyläviraston tulisi sisällyttää nämä hankintaprosesseihinsa hankkeiden elinkaaren kaikissa vaiheissa, esisuunnittelusta rakentamiseen, ja sisällyttää ne myös muuhun väylänpitoon. Urakkakilpailussa voitaisiin asettaa joko raja-arvovaatimuksia, joihin urakan täytyy päästä, tai bonuspisteytystä, jonka avulla urakasta kilpaillaan.

Liikenne aiheuttaa merkittävästi enemmän päästöjä verrattuna infrastruktuuriin, mutta väylänpidon ratkaisulla on merkitystä liikenteenkin hiilijalanjäljelle. Suunnitteluvaiheessa määritettävät tie- ja ratageometria ja meriväylien syvyys vaikuttavat tulevan kunnossapidon tai liikenteen energiatehokkuuteen ja päästöihin. Myös kunnossapidon vaikutukset liikenteen hiilidioksidipäästöihin tulisi selvittää.

Väylänpidossa tulee pyrkiä puhtaampaan materiaalinvalmistukseen, vähäpäästöisiin ja paikallisiin kierrätysmateriaaleihin, materiaalihukan minimointiin, työkoneiden uusiutuviin tai muuten vähähiilisiin polttoaineisiin, energiatehokkaisiin kuljetuksiin ja niiden optimointiin sekä tehokkaaseen materiaalin varastointiin. Myös toimenpiteiden oikea-aikaisuuteen tulee kiinnittää huomiota. Materiaalien kulutuksen seuranta ja tilastointia tulisi kehittää.

Väylien käytön aikaista energiankulutusta voi pienentää esimerkiksi tehostamalla rataverkon vaihteiden lämmitystä ja tievalaistusta. Pitämällä tien pinta kunnossa pienennetään ajoneuvojen polttoainekulutusta.

Väylänpidon elinkaaren ja hiilijalanjäljen laskentaa on kehitetty Suomessa 1990-luvun lopulta lähtien. Suomalaisista hiilijalanjäljen laskentatyökaluista Fore on lähtenyt liikkeelle rakennuskustannuslaskennasta, MELI maarakennuksen ja OneClickLCA talonrakennuksen hiilijalanjäljestä. Väylävirastossa kehitetään parhaillaan uutta IHKU-kustannuslaskentajärjestelmää, johon on mahdollista liittää myös hiilijalanjäljen laskenta. Ruotsissa Trafikverketin käyttämät työkalut ovat Geokalkyl, EKA ja Klimatkalkyl. Norjassa työkalu on VegLCA ja menetelmä on EFFEKT.

NordLCA on yhteispohjoismainen elinkaari- ja hiilijalanjälkilaskennan koordinoitiprojekti, jonka tarkoitus on parantaa laskentojen uskottavuutta ja siten edistää niiden käyttöä hankkeiden kilpailutuksessa. Laskentamenetelmien ja -työkalujen pilotointia on syytä jatkaa ja määrittää niiden sopivuus ja käytönoton prosessi eri tilanteisiin.

Tutkimukset suosittelevat julkisille tilaajaorganisaatioille yhdenmukaista elinkaarimallia, joka koostuu tuote-, rakennus-, käyttö- ja purkuvaiheesta ja elinkaaren ulkopuolisista vaikutuksista, esim. tuotteiden kierrätyksestä. Yksittäiselle vaiheelle selvitetään panospohjaisella laskentamenetelmällä hankkeen rakennusosanimikkeiden ja niiden panosrakenteen avulla tarvittavien panosten kokonaismäärät, jotka kerrotaan panosten päästökertoimilla. Väylävirasto teetti rakennusosien CO₂-arvojen päästötietokannan, jota voidaan hyödyntää hiilijalanjäljen laskennoissa.

Elinkaaren arviointia on kehitettävä yhdistämällä sitä kustannuslaskentaan. Laskentojen suorittamiseen tulisi luoda yhteiset materiaali- ja työvaihekohtaiset pelisäännöt, ja tietokantojen ylläpidosta on sovittava. BIM-tietomallin avulla laskenta tarkentuisi, tieto siirtyisi varmemmin suunnitteluvaiheesta toiseen ja koko väyläinfra olisi standardisoidummin määritelty. Suunnittelijoiden ja väylänpidon toteuttajien vuorovaikutusta ja elinkaari-asiantuntijoiden käyttöä väylänpidossa olisi lisättävä.

Max Mannola: Trafikledshållningens koldioxidavtryck och beräkning av det. Trafikledsverket. Helsingfors 2019. Trafikledsverkets publikationer 50/2019. 60 sidor. ISSN 2490-1202, ISBN 978-952-317-740-6.

Sammanfattning

De allt mer alarmerande bedömningarna om klimatförändringens risker har ökat behovet att infoga minskningen av koldioxidutsläppen och beräkningen av koldioxidavtrycket som en del i beredningen av alla trafikledsprojekt. Trafikledsverket borde inkludera dessa i sina upphandlingsprocesser i alla faser av projektens livscykel, från preliminär planering till byggande, och även inkludera dem i den övriga trafikledshållningen. I en entreprenadtävling skulle man kunna fastställa antingen krav på gränsvärden som entreprenaden måste uppnå eller en bonuspoängsättning enligt vilken aktörerna konkurrerar om entreprenaden.

Trafiken orsakar märkbart mer utsläpp än infrastrukturen, men trafikledshållningens lösningar har betydelse för trafikens koldioxidavtryck. Den väg- och bangeometri och det farledsdjup som fastställs i planeringsskedet kommer att påverka energieffektiviteten och utsläppen av framtida underhåll eller trafik. Även underhållets inverkningar på trafikens koldioxidutsläpp borde utredas.

För trafikledshållningen ska målet vara renare materialframställning, lokala återvinningsmaterial med låga utsläpp, minimering av materialspill, förnybara eller annars koldioxidsnåla bränslen i arbetsmaskiner, energieffektiva och optimerade transporter samt effektiv lagring av material. Att åtgärderna sätts in vid rätt tid bör det även ägnas uppmärksamhet åt. Uppföljning och statistikföring av materialåtgången borde utvecklas.

Trafikledernas energiförbrukning under användningstiden kan minskas exempelvis genom att effektivisera uppvärmningen av bannätets växlar och vägbelysningen. Genom att hålla vägarnas ytor i skick minskas fordonens bränsleförbrukning.

Beräkningen av trafikledshållningens livscykel och koldioxidavtryck har utvecklats i Finland sedan slutet av 1990-talet. Av de finländska beräkningsverktygen för koldioxidavtryck startade Fore från beräkning av byggnadskostnader, MELI från koldioxidavtryck vid schaktning och OneClickLCA från koldioxidavtryck vid husbyggnad. Trafikledsverket utvecklar som bäst det nya kostnadsberäkningssystemet IHKU, till vilket även beräkning av koldioxidavtrycket kan anslutas. I Sverige använder Trafikverket verktygen Geokalkyl, EKA och Klimatkalkyl. I Norge är verktyget VegLCA och metoden EFFEKT.

NordLCA är ett internordiskt samordningsprojekt för beräkning av livscykel- och koldioxidavtryck vars syfte är att förbättra trovärdigheten i beräkningarna och därmed främja användningen av dem vid konkurrensutsättning av projekt. Det finns skäl att fortsätta pilotprojektet för beräkningsmetoder och -verktyg och fastställa deras lämplighet och införandeprocess i olika situationer.

För offentliga beställarorganisationer rekommenderar forskningen en enhetlig livscykelmodell som består av en produkt-, byggnads-, användnings- och rivningsfas och externa livscykeffekter, t.ex. återanvändning av produkter. För en enskild fas används en insatsbaserad beräkningsmetod för att bestämma det totala antalet insatser som krävs för projektets byggdelsbeteckningar och deras insatsstruktur, multiplicerat med insatsernas emissionsfaktorer. Trafikledsverket lät göra en utsläppsdatabas för CO₂-värden för byggdelar, som kan användas i beräkningar av koldioxidavtryck.

Livscykelbedömningen måste utvecklas genom att integrera den i kostnads-kalkyleringen. Gemensamma material- och arbetsfassocifika spelregler borde skapas för kalkyleringar, och man bör avtala om underhållet av databaserna. BIM-datamodellering skulle möjliggöra en mer exakt kalkylering, säkrare dataöverföring mellan planeringsfaserna och en mer standardiserad definition av hela väginfrastrukturen. Växelverkan mellan planerarna och dem som sköter trafikledshållningen samt användningen av livscykeexperter i trafikledshållningen borde ökas.

Max Mannola: Carbon footprint of transport infrastructure management and calculation techniques. Finnish Transport Infrastructure Agency. Helsinki 2019. Publications of the Finnish Transport Infrastructure Agency 50/2019. 60 pages. ISSN 2490-1202, ISBN 978-952-317-740-6.

Abstract

Increasingly alarming estimates of the risks associated with climate change have accelerated the need to incorporate the reduction of carbon dioxide emissions and carbon footprint calculations into all transport infrastructure project plans. The Finnish Transport Infrastructure Agency needs to incorporate these into its procurement processes at all stages of projects' life cycle, from preliminary planning to construction, as well as into other aspects of transport infrastructure management. In the context of competitive tendering, this can be done by setting limits that the contractor must reach or introducing a bonus-point rating for bidders.

Emissions from traffic are considerably higher than from infrastructure, but the way in which transport infrastructure is managed also has an impact on the carbon footprint of vehicles. The design geometry of roads and railways and the depth of shipping channels affect the energy efficiency and emissions of future maintenance works and traffic. The effects of maintenance on carbon dioxide emissions from transport also need to be studied.

In respect of transport infrastructure management, the priorities should be finding cleaner ways to source supplies, favouring local, recycled low-emission materials, minimising waste, using renewable or otherwise low-carbon fuels in maintenance vehicles, optimising and increasing the energy efficiency of logistics and coming up with more efficient ways to store supplies. The timeliness of works also needs to be given attention. More efficient ways are needed for monitoring and compiling statistics on the consumption of supplies.

The energy consumption of active transport infrastructure can be reduced, for example, by introducing more efficient ways to heat railway points or by improving street lighting. The fuel consumption of vehicles can be lowered by keeping road surfaces in good condition.

Scientists in Finland have been developing ways to calculate the life-cycle costs and carbon footprint of transport infrastructure management since the late 1990s. There are a number of Finnish carbon footprint calculators: Fore is based on infrastructure cost management, MELI on the life cycle of earthworks and One Click LCA on the carbon footprint of residential development. The Finnish Transport Infrastructure Agency is also currently working on a new cost calculation system called IHKU, which can be complemented by a carbon footprint calculation module. The Swedish Transport Administration has three tools: Geokalkyl, EKA and Klimatkalkyl. The Norwegians use a tool called VegLCA and a technique called EFFEKT.

NordLCA is a pan-Nordic project aimed at coordinating life-cycle cost and carbon footprint calculation techniques and improving the reliability of calculations and therefore promoting their use in competitive tendering. The different calculation techniques and tools still need to be piloted and their practicality and use in different circumstances studied in more detail.

Research shows that public contracting authorities would benefit from a harmonised life-cycle model that factors in everything from the sourcing of supplies to construction, operation and decommissioning as well as external impacts, such as the recycling of materials. An activity-based calculation technique can be used to determine the total volumes of supplies needed at each stage based on product categories and cost structures, which are then multiplied by activity-specific emission factors. The Finnish Transport Infrastructure Agency has a database of building components' carbon dioxide emission factors, which can be used to calculate carbon footprint.

Life-cycle assessment techniques need to be improved by integrating them with cost calculation models. Common rules specific to each material and stage of the process need to be adopted for calculation purposes, and the division of responsibilities relating to database management must be agreed. More accurate calculations could be produced with the help of building information modelling, which would also help to ensure that the correct information is communicated from one stage of engineering to the next and make all aspects of transport infrastructure more standardised. Interaction between engineers and infrastructure maintenance workers as well as the use of life-cycle experts in infrastructure management must be promoted.

Esipuhe

Tämä työ on osa Max Mannolan opinnäytetyötä Suomen Ympäristöopiston (SYKLI) kurssilla "Ilmastonmuutoksen osaaja", tarkemmin sanoen kyseisen tutkinnon "Resurssitehokkuuden kartoitus" ja "Resurssitehokkuuden kehittämissuunnitelma" -osat. Tutkintoon kuului tämän selvityksen teko työharjoitteluna Väylävirastossa sekä SYKLIn kurssipäiviä liittyen ilmastonmuutoksen torjuntaan, kestävään kehitykseen ja resurssitehokkuuden kartoitukseen. Varsinaisesti opinnäytetyö muodostuu tutkimuksen/selvityksen suullisesta esittelemisestä oppilaitoksen edustajille kirjallisen tausta-aineiston sitä tukiessa.

Työn ohjaajana ja arvioijana on ollut työorganisaation puolelta fil. lis. Tuula Säämänen (Väylävirasto) ja arvioijana oppilaitoksen puolelta dipl.ins. Maria Törn (SYKLI).

Helsingissä joulukuussa 2019

Väylävirasto
Liikenne ja maankäyttö

Sisältö

1	JOHDANTO, TYÖN TARKOITUS	11
1.1	Raportin aihe	11
1.2	Menetelmä	11
1.3	Työssä läpikäytyt raportit.....	11
1.4	Haastattelut.....	12
2	MÄÄRITELMIÄ JA PERUSASIOITA	13
2.1	Resurssitehokkuus	13
2.2	Elinkaari.....	13
2.3	Hiilijalanjälki.....	14
2.4	Elinkaarilaskenta.....	15
3	VÄYLÄNPITO JA HIILIJALANJÄLKI.....	16
3.1	Ilmastovastuu väylänpidossa.....	16
3.2	Väylänpito hankkeen eri vaiheissa.....	17
3.3	Väylänpidon elinkaari- ja hiilijalanjälkilaskennan historia	19
3.4	Mahdollisuudet pienentää hiilijalanjälkeä väylänpidon kautta	20
3.4.1	Väylänpidon hankintojen vaatimukset ilmastoystävällisyydelle ..	20
3.4.2	Rakentamisen ja kunnossapidon energiatehokkuus	22
3.4.3	Käytön aikainen energiatehokkuus	23
3.4.4	Väylänpidon vaikutukset liikenteen päästöihin	24
4	VANHAT HIILIJALANJÄLKILASKELMAT.....	25
4.1	Tien- ja radanpidon hiilijalanjäljen laskelmat 2011.....	25
4.2	Merenkulun infrastruktuurin hiilijalanjäljen laskelmat 2012.....	26
4.3	Liikenteen hiilijalanjäljen laskelmat 2012	27
4.4	Pisaratien rakentamisen hiilijalanjälki.....	28
4.5	Panospohjainen Kivikon eritasoliittymän rakentamisen hiilijalanjälki	29
4.6	Standardipohjainen Kivikon eritasoliittymän rakentamisen hiilijalanjälki.....	30
5	POHJOISMAISET HIILIJALANJÄLJEN LASKENTAMENETELMÄT	32
5.1	Suomen laskentamenetelmät	32
5.2	Ruotsin laskentamenetelmät	34
5.3	Norjan laskentamenetelmät	37
5.4	NordLCA ja sen tavoitteet.....	39
5.5	Panospohjainen laskentamenetelmä.....	39
5.6	Standardipohjainen laskentamenetelmä	41
5.7	Talotekniikan LCA-laskentamenetelmä	43
6	KEHITTÄMISEHDOTUKSIA VÄYLÄVIRASTON VÄYLÄNPIDOLLE	45
6.1	Hiilijalanjälkilaskentojen sisällyttäminen hankintoihin	45
6.1.1	Elinkaarinäkökulman huomioimistyön ehdotukset	45
6.1.2	Päällystehankintojen kehittämisehdotukset	47
6.1.3	Päästölaskennan kehityshanke	52
6.1.4	Omat lisäysehdotukset ja keinojen koonti	52
6.2	BIM-tietomallisuunnittelun mahdollisuudet.....	54
6.3	Materiaalin uusiokäytön tehostaminen	56
6.4	Puhtaammat polttoaineet ja tehokkaammat työmaajärjestelyt	57
6.5	Kokemukset eri laskentamenetelmistä.....	58
	LÄHDELUETTELO.....	60

1 Johdanto, työn tarkoitus

1.1 Raportin aihe

Raportti on yleiskatsaus Väyläviraston harjoittaman väylänpidon tekemistä ja tarvittavista kehittämistoimista ilmastomuutoksen hillitsemiseksi, erityisesti hankintaprosessien osalta. Taustaksi raportissa käydään myös läpi jo tehtyjä hiilijalanjälkitutkimuksia ja pohjoismaisia hiilijalanjäljen laskentamenetelmiä.

Liikennevirasto muuttui vuoden 2019 alusta Väylävirastoksi (myöh. Väylä). Tässä yhteydessä osa Liikenneviraston tehtävistä siirtyi Liikenne- ja viestintävirasto Traficomiin (myöh. Traficom). Liikennevirasto on aikaisemmin laatinut useita raportteja liittyen väylänpidon resurssitehokkuuteen ja hiilijalanjäljen tarkasteluun. Tämä raportti kokoaa yhteen huomioita eri raporteista ja antaa uusia suosituksia pyrittäessä kohti resurssitehokkaampaa ja vähähiilistä väylänpitoa.

1.2 Menetelmä

Työ on luonteeltaan kirjallisuustutkimus, jota on täydennetty asiantuntijoiden haastatteluilla sekä niin heidän kuin omillakin kehitysideoilla. Väylän asiantuntijat ovat antaneet lähdemateriaaleiksi monia Liikenneviraston tai muiden asiantuntijatahojen julkaisuja, joita on käyty läpi ja joista on poimittu tutkimuksen aiheeseen liittyviä tekstejä. Lisäksi on haastatteluissa ja yhteis-palavereissa käsitelty asiantuntijoiden näkemyksiä kehitystarpeista ja -ratkaisuista. Työtä varten on haastateltu 8 yksittäistä asiantuntijaa, joiden haastatteluista on laadittu kukin oma muistionsa.

Joitakin saatavilla olleita hiilijalanjäljen laskentaohjelmia, ruotsalaisia Klimatkalkyl- ja EKA-ohjelmia, on pintapuolisesti myös kokeiltu.

1.3 Työssä läpikäydyt raportit

Työtä varten tutkittavat raportit voidaan jakaa seuraavia aiheita käsitteleviksi:

- a) Liikenneviraston yleiset ympäristö- ja ilmastotoimintalinjat
- b) Liikenneviraston teettämät hiilijalanjälkitutkimukset
- c) Pohjoismaiset laskentatyökalut ja NordLCA:n toiminta
- d) Muut elinkaareen ja hiilijalanjälkeen liittyvät tutkimukset
- e) Velho-allianssin tietohallintajärjestelmän kehittämissuunnitelmat

Liikenneviraston yleisiä ympäristö- ja ilmasto-toimintalinjoja käsittelevät:

- Hiilidioksidipäästöjen huomioiminen Liikenneviraston käytännön työssä, Hankeraportti, Liikennevirasto 2013
- Liikenneviraston ympäristötoimintalinja, Liikennevirasto 1/2014
- Kestävämpää liikennettä ja väylänpitoa – Katse kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä, Liikennevirasto 2016
- Liikenneviraston ympäristöohjelma 2017–2020, Liikennevirasto 2/2017
- Ympäristönäkökulmat (ppt), Väyläviraston sisäinen koulutus 6.11.2018

Liikenneviraston teettämia hiilijalanjälkitutkimuksia käsittelivät:

- Tien- ja radanpidon hiilijalanjälki, Liikennevirasto 38/2011
- Merenkulun liikenteen hiilijalanjälki, Osa 1: Merenkulun hiilijalanjälki & Osa 2: Tie-, rata- ja meriliikenteen hiilijalanjäljet, Liikennevirasto 21/2012
- Panospohjaisen CO₂-laskennan pilotointi väylähankkeessa, Liikennevirasto 18/2014
- CO₂-päästö- ja kustannusohjaus mallipohjaisesti, Case Pisararata, Liikennevirasto 47/2015
- Infrahankkeiden EN-standardeja noudattava hiilijalanjälki- ja elinkaari-arviointi, Hankkeiden hiilijalanjäljen ohjaus- ja optimointimahdollisuudet suunnittelu- ja rakennuttamistoiminnassa, Liikennevirasto 20/2017

Pohjoismaisia laskentatyökaluja ja NordLCA:n toimintaa käsittelivät:

- Talotekniikan LCA-laskentaohjelman käsikirja, 28.3.2003
- NordLCA, Project Plan, NordFoU, rev. 9.2.2017
- NordLCA, State of the art of LCA tools and methods for infrastructure, for Finland, Sweden and Norway, 16.10.2017
- NordLCA, Roadmap of developing LCA for road and rail infrastructure management, for Finland, Sweden and Norway, 16.1.2018

Muita elinkaareen ja hiilijalanjälkeen liittyviä tutkimuksia käsittelivät:

- Ympäristönäkökohtien huomioiminen päällystehankintojen kehittämisessä, Liikennevirasto 61/2018
- Päästölaskennan kehityshanke, Rapal Oy, 29.3.2019 (raportti, 71 s.)
- Fore, CO₂-päästölaskennan kehityshanke, Rapal Oy, 29.3.2019 (esitys, 19 s.)
- Elinkaarinäkökulman huomioiminen infra-alan hankkeiden hankinnassa, Susanna Suomelan diplomityö, Aalto-yliopisto 6.5.2019
- Infran ja väylänpidon vaikutukset liikenteen päästöihin, tilannekatsaus, Tehtävämäärittely, VV 8.5.2019

Velho-allianssin tietohallintajärjestelmän kehittämissuunnitelmia käsittelivät:

- Velho-allianssi, Juha Liukas 12.3.2019
- Velho - toteutusprojektien näkökulmaa, Jaana Kalliolaakso 6.6.2019

1.4 Haastattelut

Haastateltavat henkilöt Väylävirastossa ovat olleet:

- Arto Hovi, ympäristöasiantuntija: resurssitehokkuuden kokonaiskuva ja NordLCA
- Marketta Hyvärinen, ympäristöasiantuntija: väylänpidon kasvihuonekaasupäästöjen nykytilan selvitykset
- Soile Knuuti, ympäristöasiantuntija: resurssitehokkuuden kokonaiskuva ja NordLCA
- Ari Huomo, kehittämispäällikkö: päästökertoimet
- Kristiina Laakso, osastonjohtaja: hankinnan toimintalinjat
- Tarmo Savolainen, johtava asiantuntija: BIM-tietomallisuunnittelu
- Timo Tirkkonen, kehittämispäällikkö: panospohjaiset laskentamenetelmät ja elinkaarilaskennan standardit
- Vesa Männistö, johtava asiantuntija: väyläomaisuuden hallinta

2 Määritelmiä ja perusasioita

2.1 Resurssitehokkuus

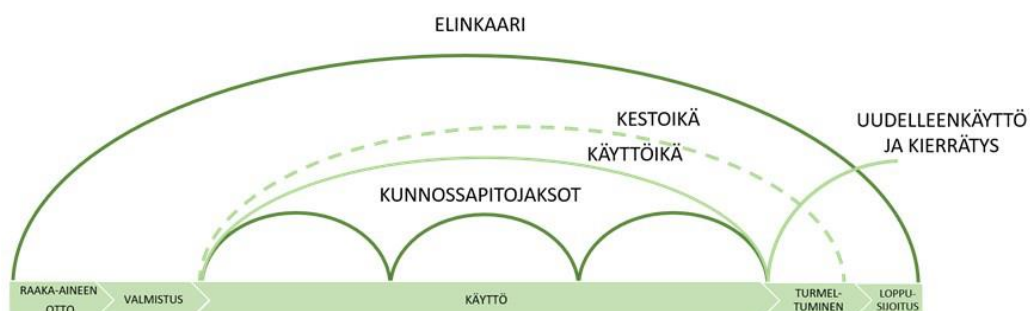
Resurssitehokkuus on usein kannattavan yritystoiminnan edellytys: raaka-aineet ja energia ovat kustannuksia, ja siksi ne on syytä hyödyntää viisaasti. Resurssitehokkuus yritystoiminnassa säästää rahaa ja ympäristöä, koska materiaalit ja energia hyödynnetään mahdollisimman tehokkaasti. Resurssitehokkuus voidaan jakaa materiaali- ja energiatehokkuuteen. (SYKLI:n www-sivut)

Materiaalitehokkuus tarkoittaa kilpailukykyisten tuotteiden ja palveluiden aikaansaamista pienenevin materiaalianoksien siten, että haitalliset vaikutukset vähenevät elinkaaren aikana. On tarkasteltava materiaalin elinkaaren ympäristövaikutuksia. (Motivan www-sivut, Törn 2019)

Energiatehokkuus on suoritteen, palvelun, tavarain tai energian tuotoksen ja energiapanoksen välinen suhde. Energiatehokkuus tarkoittaa käytännössä energiantuotannon ja -kulutuksen tehostamista ja erilaisten säästötoimien toteuttamista pyrkimällä energiaketjun optimointiin haitalliset kasvihuonekaasupäästöt kustannustehokkaasti minimoiden. (Motivan www-sivut, Törn 2019)

2.2 Elinkaari

Elinkaarella tarkoitetaan rakenteen tai muun tuotteen vaiheita materiaalien hankinnasta valmistukseen, rakentamiseen ja käyttöön. Elinkaari sisältää kunnossapidon, huollon ja loppusijoituksen. Seuraavassa kuvassa on kuvattu infrarakenteen elinkaaren vaiheet ja elinkaareen liittyvät tärkeimmät käsitteet. (Suomela 2019)



Kuva 2.1 Infran elinkaari. (Lähde: Korkiala-Tanttu ym. 2005)

Rakennetun omaisuuden koko elinkaaren aikaisten vaikutusten arviointi on elinkaariajattelua, jolla pyritään muodostamaan kokonaiskuva rakennetun tuotteen tai omaisuuden vaikutuksista. Lisäksi elinkaariajattelulla halutaan optimoida tuotteen käyttöikää niin, että ongelmat eivät kasaannu, vaan ne tiedostetaan ja hoidetaan ajallaan. Elinkaariajattelussa yhdistyvät taloudelliset, sosiaaliset ja ympäristönäkökulmat. Elinkaarinäkökulmat huomioivaa rakentamista kutsutaan kestäväksi rakentamiseksi, jossa rakentamisen ratkai-

suja punnitaan elinkaaren ajan kaikkien vastuullisuuden osa-alueiden kannalta. (Suomela 2019)

Julkisia hankintoja katsotaan ensisijaisesti kustannusten ja ekologisten vaikutusten valossa. Elinkaarenaikaisia kustannuksia voidaan tutkia elinkaarikustannusarviomenetelmällä (LCC, Life Cycle Cost) ja elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia elinkaariarvioinnilla (LCA, Life Cycle Analysis). (Suomela 2019)

Investoinnin lisäksi elinkaaritarkastelussa tulisi huomioida myös kunnossapidosta ja korjauksista aiheutuvat kustannukset ja ympäristövaikutukset. Rakennetun infrastruktuurin, kuten teiden ja siltojen, elinkaaren vaiheet ovat suunnittelu, rakentaminen, käyttö ja purku. Näistä kaikki muut vaiheet ovat kestoltaan lyhyitä verrattuna käyttövaiheeseen. Rakentamisen ja käytön aikaiset kustannusten kehukset luodaan kuitenkin jo suunnitteluvaiheessa, hanke- ja esisuunnittelun sekä rakennussuunnittelun aikana. Infrastruktuurin elinkaaren suurimmat kustannukset muodostuvat rakenteen käyttö-, korjaus- ja kunnossapitokustannuksista. (Suomela 2019)

Suomessa rakentamiseen käytettäville merkittävimmille materiaaleille ja tuotteille on yleensä laadittu ympäristöseloste, joka kertoo tuotteen valmistuksessa muodostuneet ympäristövaikutukset siihenastisesta elinkaaresta. Ympäristöselosteita voidaan tehdä myös esimerkiksi rakenneratkaisuille tai infrarakenteille. Ympäristöselosteiden avulla voidaan vertailla samaan tarkoitukseen käytettävien ratkaisujen ympäristövaikutuksia. (Suomela 2019)

2.3 Hiilijalanjälki

Rakentamisen ympäristövaikutuksista aiheutuville hiilidioksidipäästöille käytetään termiä hiilijalanjälki, joka kuvaa rakennusmateriaalin tai rakenteen elinkaaren aikana syntyvää hiilidioksidia- ja hiilidioksidiekvivalenttipäästö määrää. (Suomela 2019)

CO₂-ekvivalentti tarkoittaa kasvihuonekaasua, jonka ilmastolämpenemispotentiaali on suhteutettu hiilidioksidin aiheuttamaan vastaavaan vaikutukseen. Jokaisella kasvihuonekaasulla on oma kertoimensa. Yleisimmät hiilijalanjälkilaskelmissa huomioitavat kasvihuonekaasut ovat hiilidioksidin lisäksi metaani (CH₄) ja typpioksiduuli (N₂O). Hiilidioksidiekvivalenttipäästö (CO₂e) lasketaan seuraavan kaavan avulla: CO₂e = 1 CO₂ + 25 CH₄ + 298 N₂O (Rapal Oy 2019)

Kuorma-autoille, linja-autoille, työkoneille jne. on olemassa vain hiukkas-, typpi- ja rikkipäästöjen päästöluokat. CO₂ voidaan laskea energiatehokkuuden ja polttoaineen käytön kautta. (Suomela 2019)

Rakennusmateriaalien osalta hiilijalanjäljestä on saatavilla vaihtelevan laatuista tietoa, ja päästötietojen käyttö vaatii laskentatyökaluja ja myös osaamista. CO₂-päästöjen käsittelyn uskotaan yksinkertaistuvan ja päästölaskennan käytön laajentuvan tietomallien käytön yleistyessä. (Suomela 2019) Hiilijalanjäljen laskemisen standardeja, menetelmiä ja työkaluja on kuvattu luvussa 5.

2.4 Elinkaarilaskenta

Elinkaariarviointi eli LCA (Life Cycle Assessment) on menetelmä, jolla määritetään tuotteen tai palvelun erilaiset ympäristövaikutukset tuotteen elinkaaren kaikista vaiheista raaka-aineiden hankinnasta tuotteen valmistukseen, käyttöön ja loppukäsittelyyn. Elinkaariarviointi perustuu 14040 ja ISO 14044-standardeihin. Eri tuoteryhmien elinkaariarviointiin on lisäksi tarjolla erilaisia tarkempia standardeja, joilla voidaan varmistaa laskennan tulosten vertailukelpoisuus. (Merenheimo ym. 2018)

Ympäristönäkökohtien huomioimiseen hankinnoissa liittyy aina todentamisen tarve, ja tarjoajien syrjimättömän ja tasapuolisen kohtelun varmistamiseksi todentamiseen on oltava yhtenäinen menetelmä kaikille tarjoajille. Jos hankinnassa asetettujen ympäristökriteerien perusteella tarjous voidaan hylätä, tai tarjoukselle annetaan niiden perusteella laadullisia pisteitä, on hyvin olennaista, että tarjousten arvioinnissa voidaan varmistua tarjoajan ilmoittamien tietojen oikeellisuudesta ja että sopimusaikana voidaan varmistaa, vastaako toteutunut taso tarjousvaiheessa luvattua. (Merenheimo ym. 2018)

Toisaalta elinkaariperusteisen laskennan avulla varmistetaan myös, että toteutettavat päästövähennystoimet vaikuttavat nimenomaan kokonaispäästöjä vähentävästi, eivätkä esimerkiksi siirrä päästöjä yhdestä prosessista tai elinkaaren vaiheesta toiseen. Tiepäällysteiden tapauksessa erityisen tärkeä kysymys on toimenpiteiden vaikutus päällysteen kestoikään. Esimerkiksi bitumin määrää vähentämällä voidaan vähentää asfaltin raaka-aineiden tuotantoon liittyviä päästöjä yksittäisessä urakassa; mutta jos muutos heikentää päällysteen kestävyyttä, tai jos tällöin joutuu lisäämään jotakin muuta lisäainetta, johon liittyy suuret päästöt, vaikutuksena voi pahimmassa tapauksessa olla kokonaispäästöjen lisääntyminen. (Merenheimo ym. 2018)

Yksittäisiä tekijöitä, kuten tiettyihin menetelmiin, materiaaleihin tai kalustoon liittyviä kriteereitä voidaan käyttää hankinnoissa vähimmäisvaatimuksena tai vertailu- tai bonusperusteena ilman, että koko urakan hiilijalanjälkeä on tarvetta laskea. Tällöin ei välttämättä tarvita laskentatyökaluja ja urakakohtaista elinkaarilaskentaa. Käytettäessä hankinnassa näitä kriteereitä olisi kuitenkin varmistettava, että valitut tekijät korreloivat kokonaispäästöjen vähentämisen kanssa. Varmistaminen voi perustua tutkittuun tietoon ja vakiintuneisiin standardeihin ja luokituksiin, kuten kaluston osalta päästöluokituksiin. Mikäli tällaista luotettavaa tietoa ei ole saatavilla, voidaan tarvita elinkaarilaskentaa. (Merenheimo ym. 2018)

Käyttötarkoituksesta riippuen elinkaarilaskenta voi perustua urakka- ja tuotekohtaiseen toteutuneeseen dataan, urakkakohtaisiin suunniteltuihin arvoihin tai yleisempiin prosessikohtaisiin oletusarvoihin ja skenaarioihin. Kun elinkaarilaskentaa käytetään vaikkapa keskeisimpien päästölähteiden ja vaikuttavien päästövähennystoimenpiteiden tunnistamiseen, laskennan ei tarvitse olla urakkakohtaista, vaan voidaan käyttää keskiarvoihin ja oletuksiin perustuvaa dataa ja erilaisia tietokantoja. Mikäli päästölaskentaa käytetään hankinnan kohdentamiseen esimerkiksi koko urakan hiilijalanjäljen perusteella, tarvitaan urakkakohtaista elinkaarilaskentaa ja käytettävältä laskentatyökalulta ja tietojen keräämisen mallilta vaaditaan jo enemmän. (Merenheimo ym. 2018)

3 Väylänpito ja hiilijalanjälki

3.1 Ilmastovastuu väylänpidossa

Virasto pyrkii vähentämään toimintansa negatiivisia vaikutuksia ympäristön laatuun. Ekologisesti kestävä liikenne ja väylänpito tarkoittavat viraston toiminnassa sellaisia valintoja, jotka edistävät kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä, ilmastomuutokseen sopeutumista, luonnonvarojen säästämistä, öljyriippuvuuden vähentämistä, energiatehokkuuden kasvua ja ympäristön hyvän laadun turvaamista. Virasto vaikuttaa päätöksentekoon riittävän varhaisessa suunnittelun vaiheessa ja on näin omalta osaltaan varmistamassa energiatehokkaan yhdyskuntarakenteen syntyä. (Liikennevirasto 2016)

Vaikka liikenteen infrastruktuurin rakentamisella, käytöllä ja kunnossapidolla näyttäsi olevan pienempi merkitys kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen kuin liikenteellä, on viraston kannettava vastuunsa isona infraomaisuuden haltijana myös infran energiatehokkuuden parantamisesta. Isona maanrakentajana virasto vastaa koko liikenneväylän elinkaaren ajan, että suunnittelussa, rakentamisessa ja väylänpidossa on toteutettu kestävää luonnonvarojen käyttöä ja pyritty vähähiilisyyteen ja energiatehokkuuteen. Väylärakenteiden vaikutuksia energian kulutukseen selvitetään ja energiankulutusta vähentäviä uusiakin ratkaisuja toteutetaan T&K- ja pilotointitoiminnan avulla. (Liikennevirasto 2016)

Väylänpidon hankintoja ja ohjeistusta kehitetään niin, että kaluston energiankulutus ja päästöt tulevat väylänpidon teknisissä ohjeissa ja hankinnoissa huomattavasti paremmin esille ja tulevat myös käytäntöön otetuiksi. Hankintamenettelyissä urakoiden energiansäästö ja ekotehokkuus otetaan merkittäväksi arviointikriteeriksi palveluntarjoajaa valittaessa. (Liikennevirasto 2014)

Hallinnollisesti tärkeimmiksi toimenpiteiksi hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi nousivat jo vuonna 2013 seuraavat ehdotukset, joista osa on jo toteutunut ja osaa ollaan nyt toteuttamassa (Liikennevirasto 2013):

- hiilidioksidipäästöjen huomioimisesta päätöksenteossa tulee tehdä strateginen päätös
- hiilidioksidipäästöt tulee ottaa käyttöön päätöksenteon kriteerinä eri ratkaisuvaihtoehtojen tarkastelussa
- hiilidioksidipäästöt tulee huomioida hankinnan suunnittelussa ja asettaa osaksi hankintakriteereitä
- kunnossapidon vaikutukset liikenteen hiilidioksidipäästöihin tulee selvittää ja hyödyntää tätä tietoa kunnossapidon suunnittelussa.

Liikennesektorin vastuulla on tutkia keinoja ilmastomuutoksen torjumiseksi vaikuttamalla niin liikenteen kuin infrastruktuurin ja väylänpidon energiankulutukseen ja energiatehokkuuteen.

3.2 Väylänpito hankkeen eri vaiheissa

Väylähankkeen eri vaiheet ovat yleensä:

- esisuunnittelu (esisuunnitelmat, tarveselvitykset, pääsuuntaselvitykset)
- yleissuunnittelu (yleissuunnitelmat)
- väyläsuunnittelu (tie- tai ratasuunnitelmat)
- rakentamissuunnittelu (rakennussuunnitelmat)
- rakentaminen
- perusväylänpito (päivittäinen kunnossapito, korjaukset, liikenteen palvelut, parantaminen).

Esisuunnitteluvaiheen aikana tutkitaan väylähankkeen tarpeellisuus ja selvitetään alustavia toteuttamistapoja hankkeelle. Suunnittelutaso vastaa maakuntakaavan tasoa. Esisuunnittelun perusteella tehdään hankkeen suunnittelun etenemispäätös tarpeellisuuden ja rahoituksen määäämässä aikataulussa. Hiilijalanjäljen kannalta tässä vaiheessa päätetään esimerkiksi se, tehdäänkö uusi väyläinvestointi vai ratkaistaanko liikenteellinen ongelma muulla tavoin. (Suomela 2019)

Yleissuunnitteluvaiheessa määritellään väylän, esimerkiksi tieväylän, likimääräinen sijainti ja kytkeytyminen olemassa olevaan väyläverkostoon ja maankäyttöön. Mikäli hanke edellyttää lain mukaista ympäristövaikutusten arviointimenettelyä, se tehdään yleensä myös tässä vaiheessa. Yleissuunnittelu on yleiskaava- tai asemakaavatasoista kohteesta riippuen. Kun yleissuunnitelmasta on tehty hyväksymispäätös, hanke voidaan siirtää Väyläviraston toteuttamishjelmaan. Tässä vaiheessa päätetään väylän linjauksen päävaihtoehto, jonka olennaisimpia tekijöitä hiilijalanjäljen kannalta ovat esim. linjauksen pituus, pystygeometria, pohjanvahvistusmenetelmät ja tunnelit. (Suomela 2019)

Tie- tai ratasuunnitteluvaihe tehdään asemakaavan tarkkuustasolla, eli suunnittelu on yksityiskohtaista. Tässä vaiheessa viimeistään määritellään tie-suunnittelussa tien tarkka suuntaus (linjaus ja tasaus) ja liittymäjärjestelyt sekä tiealuetta varten varattava maa-alue, ja ratasuunnittelussa rautatien liikennealueen ja suoja-alueen rajat. Hiilijalanjäljen kannalta tässä vaiheessa on tiesuunnittelussa esim. liittymien ramppien lukumäärät ja nopeusrajoitukset, ja ratasuunnittelussa esim. huoltoteiden pituudet. (Suomela 2019, Mäenpää 2018)

Rakennussuunnitteluvaiheessa määritetään mm. massatasapaino. Hiilijalanjäljen kannalta tässä vaiheessa olennaisia ovat esimerkiksi suunnitelmat massojen otto- ja läjityspaikoista ja massojen kuljetuksista. (Suomela 2019)

Rakentamisvaiheessa urakoitsija toteuttaa rakennussuunnitelman käytännössä. Hiilijalanjäljen kannalta tässä vaiheessa olennaisia ovat esim. rakennustyömaalla käytettävät työkoneet, niiden polttoaine- ja energiankulutus sekä materiaalien käyttö (päällästäminen). (Suomela 2019)

Perusväylänpito kohdistuu väylään sen koko käytön aikaisen elinkaaren osalta. Hiilijalanjäljen kannalta tässä vaiheessa kaikkein olennaisinta on oikeiden toimenpiteiden tekeminen oikea-aikaisesti, niin että seuraavienkin toimenpiteiden tarvittava aikataulu sekä materiaalin ja energian käyttö on tiedostettu. Vasta

tämän jälkeen olennaisinta ovat yllä mainitut rakentamisvaiheeseenkin liittyvät aiheet. (Suomela 2019, Männistö 2019)

Perusväylänpidon suurimmat kustannuskokonaisuudet muodostavat (Suomela 2019):

- päivittäinen kunnossapito, jolla varmistetaan päivittäinen liikennöitävyys liikenneverkolla.
- kunnossapito, jolla korjataan ja uusitaan kulumisen ja ikääntymisen liikenneverkolle ja sen rakenteisiin aiheuttamia vaurioita.
- liikenteen palvelut, joilla huolehditaan liikenteen ohjauksesta, tiedotuksesta ja jäänmurto- ja maantielauttapalveluista.
- parantaminen, eli pienet investoinnit, joilla parannetaan liikenneverkon palvelutasoa.

Siltojen suunnittelu noudattaa yleisiä väyläsuunnittelun vaiheita. Siltojen osalta esisuunnitteluvaihe on usein siltapaikkojen määrittelyä väylähankkeessa tai vanhan sillan korjauksen tai uusimisen toimenpiteiden vertailua. Yleissuunnitelmavaiheessa tutkitaan valitun siltapaikan siltavaihtoehtoja, ja valitaan vaihtoehtoista yksi alustava siltasuunnitelma jatkoon, ja tälle laaditaan kustannusarvio. Sillan yleissuunnitelmaa tarvitaan usein myös hankkeen ympäristövaikutuksia arvioitaessa (YVA). Joskus sillan yleissuunnitelma tehdään vasta väylähankkeen tie- tai ratasuunnitelmavaiheessa, mutta yleensä siltasuunnitelma eli sillan pääpiirustukset laaditaan ennen hankkeen alkua samaan aikaan tiesuunnitelman kanssa. Tiesuunnitelmaan sillasta liitetään pääpiirustusten lisäksi havainnekuvia ja kustannustieto sekä tarvittaessa ympäristösuunnitelma. Rakennussuunnitelmassa esitetään sillan rakenteet siinä muodossa kuin ne toteutetaan. (Suomela 2019)

Taitorakenteiden hiilijalanjäljen kannalta olennaista ovat rakenteen massat, rakentamiseen tarvittavat työkalut, niiden polttoaineen- ja energiankulutus sekä materiaalien käyttö (teräs/betoni/puu). (Suomela 2019)



Kuva 3.1 Silta rakenteilla.

3.3 Väylänpidon elinkaari- ja hiilijalanjälki-laskennan historia

Väylänpidon elinkaaren ja hiilijalanjäljen laskenta Suomessa on kehittynyt mm. seuraavien vaiheiden kautta (Merenheimo ym. 2018):

- VTT kehitti 1999–2000 tiesuunnittelijoiden käytettäväksi soveltuvan Excel-pohjaisen tierakenteiden (maarakennukset, päällysteet ja maanparannus) ympäristökuormitusten laskentaan ja vertailuun soveltuvan ohjelman MELI, jota on koekäytetty mm. Tieliikelaitoksen ja Tiehallinnon pilottikohteissa 2000 ja 2005.
- VTT kehitti yhteistyössä Tiehallinnon kanssa betonisiltojen kunnonhallinnan järjestelmän 2004, johon yhtenä osa-alueena sisältyy myös ympäristö ja elinkaarikustannusten arviointi, sekä kallio- ja tunnelirakentamisen elinkaariarviointityökalun BeCost.
- Elinkaaritarkastelut tienpidon hankintoihin -projektissa (tekijöinä Korkiala-Tanttu ym. 2005) luotiin edellytyksiä elinkaariajattelun käyttöön ottoon tienpidon hankinnoissa. Tutkimuksessa laadittiin pilottiurakoiden kilpailuosioden toiminnalliset, tekniset ja ympäristövaatimukset, määritettiin näiden vaatimusten painoarvot urakkatarjousten arvioinnissa sekä käytettävät laskenta- ja arviointimenettelyt.
- Väylärakentamisen ympäristöarvot ja ekoindikaattorit -projektissa (tekijöinä Korkiala-Tanttu ym. 2006) kehitettiin väylärakentamisen ympäristövaikutusten arviointijärjestelmä (EIMI), jossa ovat mukana kaikki merkittävät ympäristöongelmaluokat, jotka yhdessä kuvaavat kokonaishaittaa. Ympäristöongelmaluokkien mukaiset vaikutukset arvioidaan kuormitustekijöiden avulla. Arviointimallin käytön ongelmaksi nähtiin tarvittavien lähtötietojen saatavuus, vaihtoehtojen vertailussa kaikkien oleellisten tekijöiden huomiointi.
- Ekotehokkuus investointien ST-hankinnoissa -projektissa (tekijöinä Korkiala-Tanttu ym. 2007) kehitettiin uusia menetelmiä ottaa ekotehokkuus huomioon investointien hankinnassa sekä etsittiin keinoja menetelmien saattamiseksi käytäntöön.
- Tienrakennuksen ekotehokkuuden parantaminen -projektissa (tekijöinä Valkeisenmäki ym. 2008) analysoitiin tienrakennushankkeiden toteutusvaiheen kannalta merkittävimpiä rakenneosia ja työvaiheita selvittämällä millaista on urakoitsijan ekotehokas toiminta ja mikä on nykytilanne sekä kuinka tilaaja voi myötävaikuttaa ekotehokkuuden parantamiseen.
- Ensimmäiset väylänpidon hiilijalanjälkilaskennat Suomessa alkoivat 2011–2012 Liikenneviraston tilaamalla tien- ja radanpidon sekä merenkulun hiilijalanjälkilaskennoilla (ks. luku 5).
- "Hiilidioksidipäästöjen huomioiminen Liikenneviraston käytännön työssä" -hankeraportti valmistui 2013.
- Kehä I:n ja Kivikontien eritasoliittymän rakentamiselle tehtiin hiilijalanjälkiselvitys panospohjaisella laskentamenetelmällä 2013–2014 ja standardin EN 15978 mukaisesti 2016–2017. Työkalut olivat FORE, Meli-HEL ja One-Click-LCA.
- Pisara-radon rakentamiselle tehtiin hiilijalanjälkiselvitys panospohjaisella laskentamenetelmällä 2015, jossa yhdistettiin kustannus-, aika- ja CO₂-päästötiedot osaksi eri tekniikka-alojen tietomalleista koottua yhdistelmämallia.

- "Kestävää liikennettä ja väylänpitoa – Katse kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä" -raportti valmistui 2016.
- NordLCA-yhteistyö aloitettiin 2017 Ruotsin ja Norjan liikennehallinto-
viranomaisten kanssa.
- Väylävirasto teetti vuoden 2018 aikana Excel-taulukkomuotoon erilais-
ten rakennusosien CO₂-arvojen rekisterin, joita voidaan hyödyntää tule-
vissa hiilijalanjäljen laskennoissa.
- "Ympäristönäkökohtien huomioiminen päällystehankintojen kehittämi-
sessä" -raportti valmistui 2018. Projektissa oli edustettuna myös pääl-
lystealan neuvottelukunta PANK.

Tienrakentamisen elinkaarilaskelmista on Suomessa siis lähes 20 vuoden koke-
mus ja siinä on käytetty useita työkaluja. Testatuissa toimeksiannoissa elin-
kaarilaskelmilla ei ollut aikanaan kuitenkaan todellista vaikutusta hankintoihin
ja sen jälkeen kiinnostus käyttää niitä laski. Tienrakentamisen elinkaari-
laskennan periaatteissa ja menetelmissä tapahtui varsin niukasti kehitystä
vuosituhannen alusta. Tällä hetkellä Suomessa elinkaarilaskentaa ei käytetä
rutiininomaisesti työkaluna sopimuksissa. Sen sijaan sitä käytetään osoitta-
maan ympäristökriteerit erityistapauksissa. (NordLCA 2017)

Hiilijalanjäljen tutkimista jatkettiin 2010-luvulla. Yhä hälyttävämmät arviot
ilmastonmuutoksen riskeistä ovat kiihdyttäneet tarvetta saattaa myös väylän-
pidon hiilijalanjäljen laskentakyky ajan tarpeiden tasalle. 2020-luvun alussa on
tarkoitus saavuttaa valmius hiilijalanjäljen elinkaaritarkastelun liittämiseksi
osaksi kaikkien toteutettavien hankkeiden valmistelua.

3.4 Mahdollisuudet pienentää hiilijalanjälkeä väylänpidon kautta

Väylänpidon kautta on lukuisia mahdollisuuksia parantaa liikennesektorin hiili-
jalanjälkeä. Ensisijaista on väylänpidon, eli väylien rakentamisen ja kunnossa-
pidon energiatehokkuus (joka koskee rakennusmateriaaleja, polttoaineita ja
rakennusprosesseja), jota Väylävirasto voi tilaajana edellyttää palvelun-
tarjoajilta hankintajärjestelmän kautta. Myös joitakin energiatehokkuushyötyjä
voi saada väylän käytön aikaisen energiatehokkuuden kautta (joka koskee esim.
ratojen vaihteita, tievalaistusta ja hiilineutraalia infrastruktuuria). Väylän-
pidolla on myös vaikutuksia itse liikenteen päästöihin (esim. väylän geometrian
ja kunnan sekä liikenteen hallinnan kautta).

3.4.1 Väylänpidon hankintojen vaatimukset ilmastoystävällisyydelle

Väylävirasto on tilaajaviranomainen, joka ei itse tuota väylänpidon palveluita,
vaan tilaa ne toimittajamarkkinoilta. Valtaosa viraston tarvitsemista tuotteista,
palveluista ja osaamisesta hankitaan organisaation ulkopuolisilta tuottajilta.
Väylävirasto on määrittänyt hankinnan tavoitteet ja periaatteet Hankinnan
toimintalinjat -julkaisussa, jossa määritetään hankinnan kehittämisen ja
ohjauksen tavoitetila sekä hankinnan kehittämiskohteet ja kehittämistoimen-
piteet. Toimintalinjat koskevat kaikkia Väyläviraston ja ELY-keskusten hankkei-
ta. (Suomela 2019)

Ympäristölainsäädäntö sekä polttoaine- ja energiaverot johtavat urakoitsijoita jo tekemään ilmastomuutoksen torjunnan kannalta parempia valintoja, esimerkiksi valitsemaan ekotehokkaampia polttoaineita. Urakoitsijoiden tavoitteena on minimoida kustannukset, mikä tarkoittaa käytännössä kuljetusten minimointia ja materiaalin käytön minimointia, eli vähemmän päästöjä. Lisäksi Väyläviraston ohjeistuksissa otetaan huomioon ekotehokkuus. (NordLCA 2017)

Nykyinen ilmastotilanne kuitenkin vaatii, että urakoitsijoita rohkaistaan, tai että heiltä pikemminkin vaaditaan käyttämään entistä tehokkaammin ilmastoystävällisempiä menetelmiä ja energiatehokkuutta. Jo nykyään maanteiden hoidon urakoissa vaaditaan osana tarjousvaiheen toiminta- ja laatusuunnitelmaa urakkakohtainen ympäristösuunnitelma, jossa energiatehokkuus on osa-alueena. (Liikennevirasto 2016)

Hankkeiden tarjouskilpailuissa hiilidioksidipäästöjen vähentäminen tulisi asettaa yhdeksi valintakriteeriksi, sen sijaan että se olisi irrallinen ympäristövelvoite. Urakkakilpailussa voidaan asettaa joko raja-arvoja, joihin urakan täytyy päästä, tai pisteytysperusteita, joiden avulla urakasta kilpaillaan. (Vähimmäisvaatimuksiin tai bonuksiin perustuvia malleja on käsitelty luvussa 6.2.) Hankkeen toteutusvaihtoehtoja voidaan arvioida keskenään ja valita niistä parhaiten soveltuva. Teknistä suunnittelua voidaan ohjata optimoimaan ympäristövaikutuksia, tai määrittelemään materiaaliratkaisuja päästöjä optimoiviksi. Materiaalihankintojen ympäristövaikutuksia voidaan ohjata myös suoraan, jos urakkamuoto sen mahdollistaa.

Tärkeimmät vaatimustarpeet urakkavaiheessa koskevat käytettävän kaluston energiatehokkuutta. Vuodesta 2019 alkaen hoidon alueurakoissa vaaditaan polttoainekulutuksen seurantatavan ja urakassa käytetyn käyttövoiman ilmoittamista. Energiatehokkuus ei silti ole ollut vielä kriteerinä urakoitsijan valinnassa. (Liikennevirasto 2016)

Urakoitsijaa tulisi myös rohkaista innovatiivisuuteen löytämään uusia menetelmiä urakan ilmastovaikutusten pienentämiseksi, ja kehittämään omaa toimintaansa edistyneemmäksi kuin muiden urakoitsijoiden. Myös itse elinkaari- ja hiilijalanjälkilaskennan ja BIM-tietomallin kanssa työskentelyn kehittyminen hankkeen yhteydessä on suotavaa.

Hankinnan suunnitteluvaiheessa tarkennetaan hankinnan tavoitteet ja kartoitetaan toimittajamarkkinat. Suunnitteluvaiheessa valmistellaan myös hankinnan toteutusta, eli selvitetään optimaalinen toteutusmuoto (mikä urakkamuodoista) ja hankintamenettely, sekä päätetään hankinnan vertailuperusteista painoarvoineen. Hyvän suunnittelun avulla voidaan määrittää hiilidioksidipäästöjen vähentäminen osaksi hankinnan tavoitteita, huomioimalla kokonaisuudet ja elinkaarinäkökulma. (Suomela 2019)

Kilpailutusvaihetta säätelee hankintalainsäädäntö, jonka puitteissa hankinta kilpailutetaan. Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista (1397/2016, 93 §) ja laki vesi- ja energiahuollon, liikenteen ja postipalvelujen alalla toimivien yksiköiden hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista (1398/2016, 106 §) edellyttävät, että julkisessa hankinnassa on valittava kokonaisuutena edullisin tarjous. Tämä voidaan ymmärtää joko halvimpana hintana, edullisimpina kustannuksina tai parhaana hinta-laatusuhteena. Elinkaarikustannusten arviointia ja laskentaa voidaan käyttää arviointiperusteena, kun valitaan kustannuksiltaan edullisinta vaihtoehtoa. Jos halutaan

valita hinta-laatusuhteeltaan paras, ja vaihtoehtojen toteuttamisen hinta-laatusuhteet ovat vertailtavissa, elinkaarikustannusten arvioinnilla voidaan vertailla käytön aikaisia eroja. (Suomela 2019)

Toteutusvaiheeseen, joka alkaa kilpailuvaiheen jälkeen, kuuluu muun muassa palveluntuottajien ja toimittajien ohjaaminen sekä hankinnan elinkaaresta ja takuujasta huolehtiminen. Myös hankinnan onnistumisen arviointi kuuluu tähän vaiheeseen. Käytännön hankintatyöstä vastaavat hankintayksiköt, joita ovat toimialat, yksiköt ja osastot sekä hankinnan budjettivaltuutuksen saaneet ELY-keskukset. Hankinnan toteutuksessa valvonta on tärkeässä roolissa varmistamassa, että hankinnan tavoitteet ja määritetyt hankintakriteerit täytetään. (Suomela 2019)

"Kohti vähähiilistä julkista rakentamista" -ohjeessa (YM 2017) on pohdittu, miten voidaan kustannustehokkaasti vähentää rakentamisen haitallisia ympäristövaikutuksia, ja sitä suositellaan soveltamaan jo suunnitteluvaiheesta lähtien. Hankinnan vaiheet on jaettu kuuteen osaan seuraavasti (Suomela 2019):

- 1) Hankkeen valmisteluvaiheessa arvioidaan kohteen elinkaarenaikaiset CO₂-päästöt, ja tarkastellaan budjetoinnin yhteydessä myös alustavia elinkaarikustannuksia.
- 2) Asetetaan tavoitteet mm. vähähiilisyydelle sekä teknisille ja toiminnallisille vaatimuksille ja selvitetään niiden kustannusoptimaalisuus.
- 3) Määritellään kohteille hankintamenettely, vähimmäisvaatimukset, valintakriteerit ja päätetään, miten tarjouksia vertaillaan.
- 4) Kilpailutetaan hanke, jossa on selvästi ilmaistu vähähiilisyyys- ja elinkaariajattelutavoite.
- 5) Liitetään sopimukseen ympäristö- ja elinkaaritavoitteet, joiden tukena on kannustimia ja sanktioita, ja seurataan tavoitteiden toteutumista.
- 6) Dokumentoidaan ja analysoidaan tulokset, joista saadaan tietoa toimineista käytännöistä, ja jaetaan ne sekä hankintayksiköille että tarjoajille tiedoksi.

3.4.2 Rakentamisen ja kunnossapidon energiatehokkuus

Infrastruktuuriin vaadittavien materiaalien energiatehokkuus on keskeisiä asioita. Etenkin tieinfrastruktuurin rakentamisessa energiaa kuluu paljon erilaisten materiaalien valmistuksessa (kuten betoni, teräs, asfaltti (bitumi)). Uusiomateriaalien käytön edistämiseksi on jo käynnissä pilotteja (mm. Vt6 Taavetti-Lappeenranta) sekä tutkimushankkeita (UUMA3). Projektien toteutuksen ympäristövaikutusten laskentaa kehitetään edelleen. Kiertotalous on uusi potentiaalinen tulevaisuuden talouden malli. Sitran tuoreen selvityksen mukaan kiertotalous tarjoaa Suomen taloudelle kokonaisuudessaan vähintään 1,5–2,5 miljardin euron vuotuisen kasvupotentiaalin. (Liikennevirasto 2016)

Toinen keskeinen asia on työkoneiden ja kuljetuskaluston energiankulutus. Niin väylien rakentamisessa kuin kunnossapidossa tulisi käyttää työmaa- ja kuljetuskalustoa, jonka polttoaineen kulutus on mahdollisimman vähäistä ja joiden käyttämät polttoaineet ovat mahdollisimman vähän päästöjä tuottavia. (Liikennevirasto 2016.) Äskettäin valmistui opinnäytetutkimus "Väylärakennushankkeen työkoneiden kasvihuonekaasu- ja muiden päästöjen vähentämismahdollisuudet ja -kustannukset. Case: E18 Hamina-Vaalimaa".

Digitalisaatio ja automatisaatio ovat avuksi rakentamisen ja kunnossapidon energiatehokkuuden lisäämisessä. Hyötyjä on saatavissa esimerkiksi tietomallintamisen ja infran automaation edistämisen kautta, mikä kokonaisuus vaatii lisäselvityksiä. (Liikennevirasto 2016)



Kuva 3.2 Tienrakennustyömaa.

3.4.3 Käytön aikainen energiatehokkuus

Väylänpidossa vaadittavan väylätekniikan energiatehokkuuden parantaminen käsittää esim. ratojen vaihteet ja teiden valaistuksen, ja niihin tarvittavan energian tuottamisen esim. hiilineutraalin infrastruktuurin kautta. (Liikennevirasto 2016)

Käytönaikaisen energiankulutuksen pienentämisessä yksi energiatehokkuutta merkittävästi parantava toimenpide on rataverkon vaihteiden lämmityksen tehostaminen. Rataverkossa on yhteensä 2700 lämmitettyä vaihdetta ja niiden energiankulutus on vuosittain noin 60–100 GWh (3–5 M€ kustannus). Energian käytön tehostaminen toteutetaan vaiheittain Ilmalasta alkaen. Ilmalan vaihteenlämmitysten uuden ohjausjärjestelmän (210 vaihteelle) energiansäästötavoite on karkeasti -75 % (-3 GWh) ja säästöt realisoituvat Ilmalan osalta arviolta kahden vuoden kuluttua muutosten toteuttamisesta. (Liikennevirasto 2016)

Tievalaistuksen elohopealampuista on jo lähes kokonaan luovuttu ja tilalle ovat tulleet suurpainenatriumlamput, jotka kuluttavat 30 % vähemmän energiaa. Uusiminen koskee kolmasosaa viraston valaisimista, joten valaistuksen energiansäästöksi tulee noin 10 %. Erikoiskohteisiin laitetaan LED-valaisimia (lauttarannat, alikulkutunnelit, maisemavalistus, siltojen korostusvalistus jne.). Toinen mahdollisuus parantaa valaistuksen energiatehokkuutta on yösammutus. Yösammutuksen myötä sähköä säästyy 7–10 GWh vuodessa. Käynnissä on useita pilottikohteita. Lisäksi tien yläpuolisten opasteiden eli portaalien

valaistusta on jo vähennetty uusien, hyvin heijastavien opastepinnoitteiden ansiosta. (Liikennevirasto 2016)

Hiilineutraali infrastruktuuri tarkoittaa esimerkiksi sitä, että infra itsessään tuottaa energian väylätekniikan tarpeisiin uusiutuvilla energiamuodoilla (tuuli- ja aurinkosähkö) tai rakentaminen ja kunnossapito toteutetaan hiilineutraalisti. Tämä toimenpide vaatii pitkäjänteisen työn aloittamista ja toteutuminen suuntautuu pidemmälle tulevaisuuteen. (Liikennevirasto 2016)

3.4.4 Väylänpidon vaikutukset liikenteen päästöihin

Väylien kunnon hallinnalla on keskeinen rooli hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä, koska liikenteen hiilidioksidipäästöt ovat elinkaarinäkökulmasta väyläverkon merkittävimmät. Kunnossapidon suunnittelulla voidaan vaikuttaa sekä kunnossapidon toteutuksen että liikenteen aiheuttamiin hiilidioksidipäästöihin. Esimerkiksi tien pinnan korjaaminen vaikuttaa vierintävastukseen ja kitkaan, joilla on suuri vaikutus ajoneuvojen polttoainekulutukseen. (Liikennevirasto 2013)

Väylävirasto on 2019 käynnistänyt hankkeen "Infran ja väylänpidon vaikutukset liikenteen päästöihin, tilannekatsaus". Sen tehtävämäärittelyssä väylänpidon ja infran kannalta tarkasteltavina kohteina kyseeseen tulevat esimerkiksi (Väylävirasto 2019):

Tieverkko:

- tiegeometrian vaikutus liikenteen energiankulutukseen/päästöihin
- tien päällysrakenteen kunnon vaikutus liikenteen päästöihin (asfaltti- ja soratiet, mm. kelirikko)
- talvihoidon vaikutus liikenteen päästöihin, etenkin raskas liikenne
- liikenteen hallinnan vaikutus, mm. ruuhkaisuus/sujuvuus
- nopeusrajoitusten vaikutukset
- katu/maantieverkko-rajapinnat ja kaupunkiseutujen erityiskysymykset päästövähennysten kannalta.

Rataverkko:

- ratageometrian vaikutus junaliikenteen päästöihin
- radan rakenteiden vaikutus junaliikenteen päästöihin
- kunnossapidon vaikutus junaliikenteen päästöihin
- liikenteen hallinnan vaikutus junaliikenteen päästöihin.

Vesiväylät:

- alusliikennepalveluiden vaikutus vesiliikenteen päästöihin (alusten tehokkaan lastikapasiteetin käyttö ja odotusaikojen minimointi)
- väylien syventämisen vaikutukset päästöihin kuljetettua tonnia kohden
- jäänmurtotoiminnan kehittämisen vaikutus liikenteen päästöihin
- sisävesillä sulkujen pidennyksen vaikutus laivaliikenteen päästöihin.

4 Vanhat hiilijalanjälkilaskelmat

Liikennevirastossa käynnistettiin vuonna 2010 hiilijalanjälkihanke, jonka tavoitteena oli selvittää liikenneinfrastruktuurien rakentamisen, käytön ja kunnossapidon hiilijalanjäljet Suomessa.

Vuosina 2011–2012 Liikennevirasto teetti hiilijalanjälkitutkimukset tienpidosta, radanpidosta, merenkulun infrastruktuurista (satama- ja meriväylien toiminnoista) sekä kyseisten liikennemuotojen liikenteestä.

Vuosina 2014–2016 Liikennevirasto testautti hiilijalanjäljen laskentamenetelmiä kahdessa eri helsinkiläisessä kohteessa, Kehä I:n ja Kivikonttien eritasoliittymä sekä Pisararata (tunnelissa) Keskustan ja Hakaniemen välillä.

4.1 Tien- ja radanpidon hiilijalanjäljen laskelmat 2011

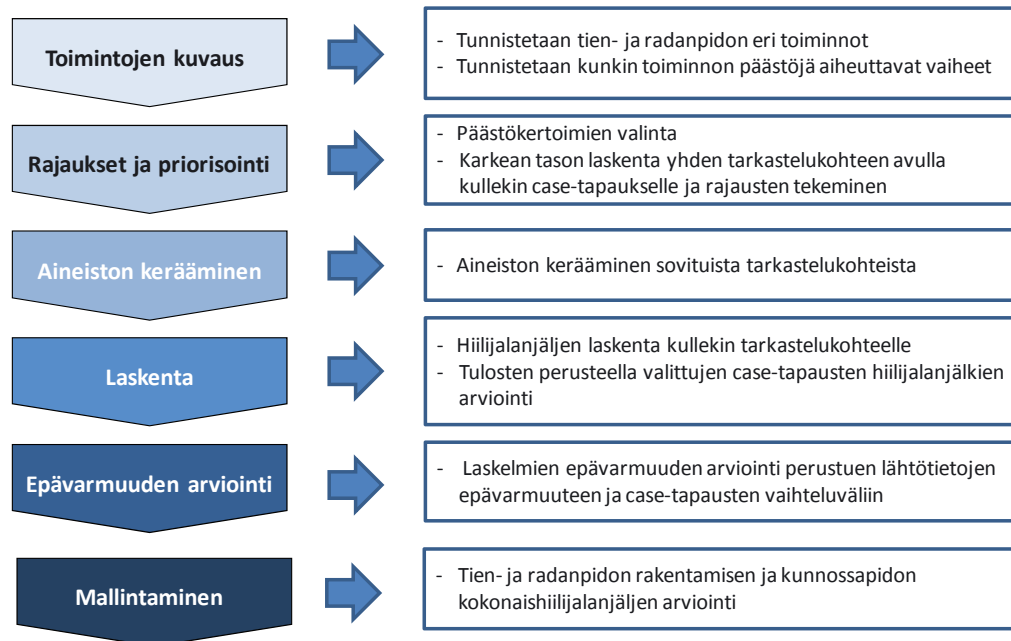
Liikenneviraston tutkimuksessa "Tien- ja radanpidon hiilijalanjälki" (Hagström ym. 2011) laskettiin tien- ja radanpidon hiilijalanjälki neljälle rataosuudelle ja kolmelle ratapihalle sekä neljälle tieosuudelle 100 vuoden tarkastelujaksolla. Näiden tapauskohtaisten laskelmien ja tilastotietojen pohjalta luokiteltiin Suomen maantiet ja rautatiet eri tyypeiksi sekä arvioitiin maantie- ja rataverkon hiilijalanjäljet. Lisäksi luotiin laskentatyökalut, joiden avulla on mahdollista arvioida hiilijalanjäljen kannalta keskeisten suunnitteluparametrien muutosten vaikutuksia eri tyyppisten tie- ja rataosuuksien hiilijalanjälkiin.

Tien- ja radanpidon energia- ja materiaali-intensiiviset prosessit jaoteltiin elinkaaren perusteella kolmeen osaan: rakentamiseen, käyttöön ja kunnossapitoon. Käytöstä poisto rajattiin laskelmien ulkopuolelle, samoin liikennöinti ja kaikki suoraan siihen liittyvä infrastruktuuri, kuten asemarakennukset, tavaraterminaalit ja parkkipaikat. Työssä ei myöskään tarkasteltu katuja eikä yksityisiä ratoja.

Teiden ja ratojen elinkaaripäästöt määriteltiin tässä työssä siten, että 1) nykyinen tie- ja rataverkko oletettiin rakennetun aivan äskettäin sellaiseksi kuin se nyt on, ja 2) käytön ja kunnossapidon päästöjä arvioitiin tästä hetkestä 100 vuotta eteenpäin perustuen nykyisiin kunnossapito-ohjelmiin. Lisäksi oletettiin teiden ja ratojen käytön jatkuvan edelleen 100 vuoden jälkeenkin, eli niiden elinkaari ei lopu silloin.

Case-laskelmiin valittujen tie- ja -rataosuuksien elinkaaripäästöissä korostuivat rakentamisen materiaali-intensiivisyys (erityisesti betoni ja teräs), maa- ja kalliroleikkausmassojen ja rakennusmateriaalien kuljetusetaisyydet, teiden korjaukset ja parannukset sekä korvausinvestoinnit radanpidossa. Käytön-aikainen energiankulutus oli myös merkittävää, esimerkiksi radanpidossa vaihteenlämmityksessä ja tienpidossa valaistuksessa.

Suomen koko maantieverkon (noin 78 000 km) hiilijalanjäljeksi 100 vuoden tarkastelujaksolla saatiin noin 511 000 tonnia hiilidioksidia vuodessa ja rata-verkon (5 919 km pääraiteita ja 2 291 km sivuraiteita) hiilijalanjäljeksi noin 142 000 t CO₂/v. Tie- ja ratatyyppistä riippuen ominaispäästökertoimiksi saatiin 4–46 t CO₂/km/v maanteille ja 8–43 t CO₂/km/v rautateiden pääraiteille. Ratapihojen ominaispäästökertoimiksi saatiin 19–30 t CO₂/km/v.



Kuva 4.1 Tien- ja radanpidon rakentamisen ja kunnossapidon hiilijalanjäljen määrittäminen tuotekohtaista elinkaari-lähestymistapaa (PAS 2050) noudattaen. Merenkulun infrastruktuurin hiilijalanjäljen määrittäminen oli vastaavanlainen. (Hagström ym. 2011)

4.2 Merenkulun infrastruktuurin hiilijalanjäljen laskelmat 2012

Liikenneviraston tutkimuksen osassa "Merenkulun hiilijalanjälki" (Illman ym. 2012) laskettiin merenkulun infrastruktuurin, eli käytännössä rannikon kauppamerenkulun satamien ja näihin johtavien väylien hiilijalanjäljet (raportin osa 1).

Hiilijalanjäljet laskettiin neljälle suomalaiselle kauppamerenkulun satamalle ja näihin johtaville väylille sadan vuoden tarkastelujaksolla. Näiden case-laskelmien ja tilastotietojen pohjalta rannikon muut talvisatamat luokiteltiin neljään luokkaan: matkustajasatamat, kappale-/yksikkötavarasatamat, irtolastisatamat ja nestebulk-satamat. Luokituksen perusteella arvioitiin koko rannikon kauppamerenkulun infrastruktuurin rakentamisen, käytön ja kunnossapidon hiilijalanjälki. Lisäksi rakennettiin laskentatyökalu, jonka avulla on mahdollista arvioida hiilijalanjäljen kannalta keskeisten suunnitteluparametrien vaikutuksia erityyppisten satamien kasvihuonekaasupäästöihin.

Tapauskohteiden tarkastelussa päästöjen suurin lähde oli käytönaikainen energiankulutus: joko sataman työkonien kuluttama polttoaine tai sataman käyttämä sähkö. Satamien ja väylien rakentamiseen käytetyt materiaalit, niiden kuljetukset ja asennukset eivät sen sijaan vaikuta merkittävästi case-kohteiden elinkaaripäästöihin.

Suomen koko rannikon kauppamerenkulun (35 satamaa ja noin 3 230 väylä-km) hiilijalanjäljeksi sadan vuoden tarkastelujaksolla saatiin keskimäärin 150 000 tonnia hiilidioksidia vuodessa. Satamakohtaiset päästöt vaihtelevat välillä 1 900–15 000 t CO₂/v, mikä tarkoittaa 50–250 t CO₂/ha/v. Meriväylien väylänpidon päästöt (ruoppaus ja kunnossapito) olivat suuruudeltaan vain noin 1 % sataman kokonaisuudesta, mikä tarkoittaa 0,4–5 t CO₂/km/v.

Kaikkien rannikon kauppamerenkulun satamien päästöt eivät kuitenkaan jakaannu elinkaaren eri vaiheisiin samalla tavalla kuin case-kohteissa. Rakentamisen ja kunnossapidon päästöt voivat olla käyttövaiheen päästöjä suuremmat sellaisissa satamissa, joilla on suuri maa-alue käytössään suhteessa sataman kautta kulkevan liikenteen määrään.



Kuva 4.2 Vuosaaren satama rakennusvaiheessaan.

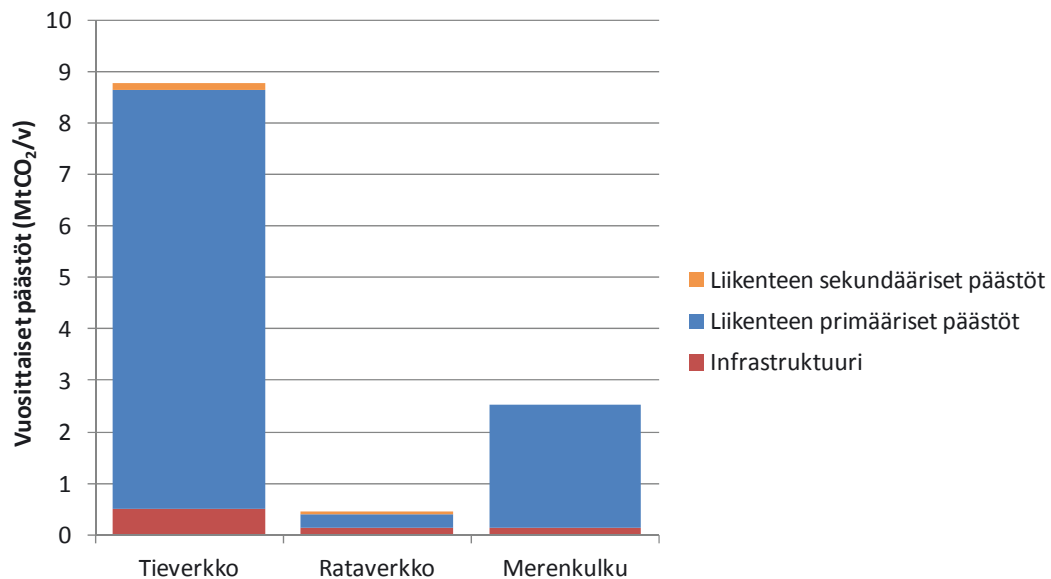
4.3 Liikenteen hiilijalanjäljen laskelmat 2012

Liikenneviraston tutkimuksen osassa "Tie-, rata- ja meriliikenteen hiilijalanjäljet" (Illman ym. 2012) laskettiin liikenteen hiilijalanjälki vuonna 2012 luvuissa 4.1 ja 4.2 laskelmien kohteena olleilla tie- ja rata- sekä merenkulun infrastruktuureilla.

Tehtävänä oli määrittää liikenteen aiheuttamat päästöt teillä, radoilla ja meriväylillä. Liikenteen päästöjen selvittämiseksi tunnistettiin ensin päästölähteet ja luokiteltiin nämä primäärisiksi ja sekundäärisiksi. Primäärisiä päästöjä ovat teillä, radoilla ja meriväylillä liikkuvien kulkuneuvojen polttoaineenkulutuksen

aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt. Sekundäärisiä päästöjä syntyy liikennettä tukevista toiminnoista, kuten huoltoasemien tai rautatieasemien energiankäytöstä sekä pysäköimisalueiden rakentamisesta ja kunnossapidosta.

Liikenteen todettiin aiheuttavan merkittävästi enemmän päästöjä verrattuna infrastruktuuriin. Maantieinfrastruktuurin päästöksi saatiin keskimäärin 0,51 megatonnia hiilidioksidia vuodessa, kun tieliikenteen aiheuttamat päästöt vastaavilla tieosuuksilla ovat noin 8,3 Mt CO₂/v. Rautateiden pääraiteiden infrastruktuurin aiheuttamat päästöt ovat keskimäärin 0,14 Mt CO₂/v ja rautatieliikenteen päästöt 0,32 Mt CO₂/v. Merenkulussa infrastruktuurin päästöt ovat keskimäärin 0,15 Mt CO₂/v ja liikenteen 2,4 Mt CO₂/v. Sekundääristen päästöjen osuus liikenteen päästöistä jää pieneksi.



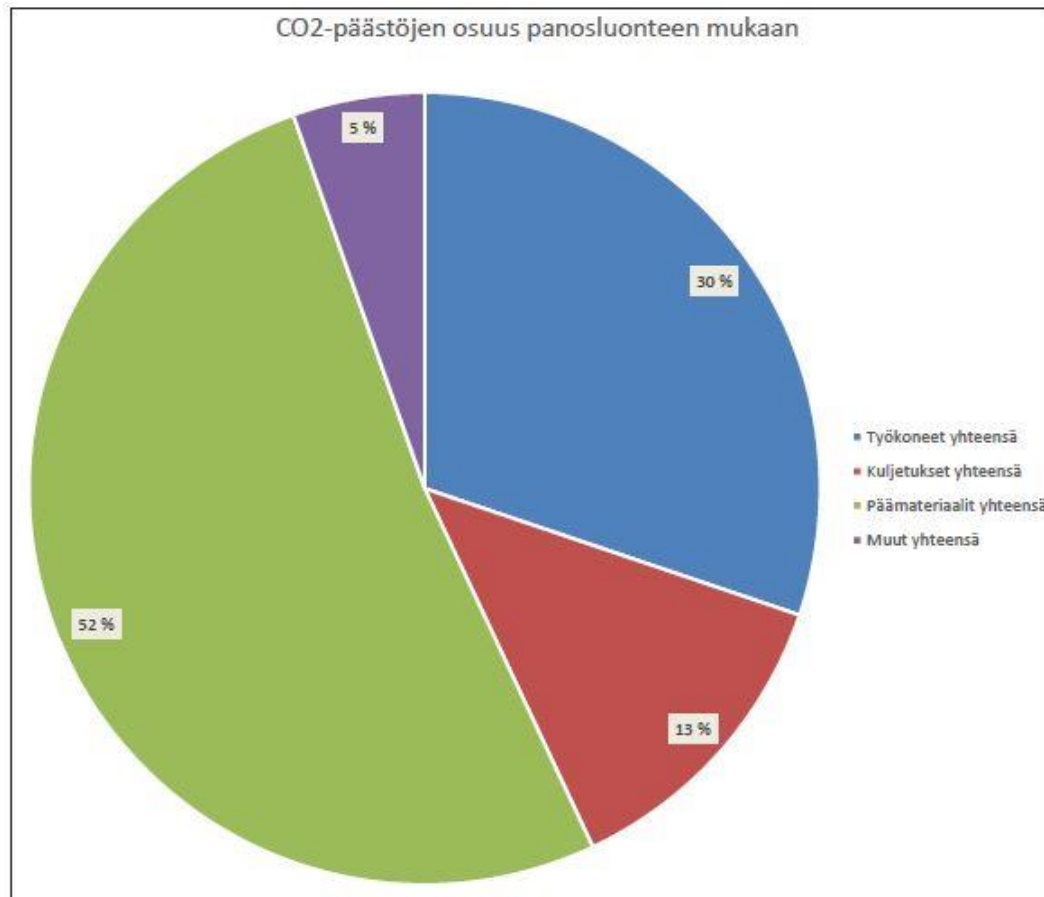
Kuva 4.3 Suomen tie- ja rataverkon sekä merenkulun vuosittaisien päästöjen jakautuminen infrastruktuurin ja liikenteen päästöihin. Kaavio on kooste lukujen 4.1, 4.2 ja 4.3 tuloksista. (Illman ym. 2012)

4.4 Pisararadan rakentamisen hiilijalanjälki

Liikenneviraston hiilijalanjäljen laskentahankkeessa, jonka pilottikohteeksi valittiin Pisararata-hankkeen Keskustan ja Hakaniemen asemien välinen rataosuus (Herva ym. 2015), yhdistettiin kustannus-, aikataulu- ja CO₂-päästötiedot osaksi eri tekniikka-alojen tietomalleista koottua yhdistelmämallia. Hankkeen aineisto kerättiin ja tuotettiin helmi–maaliskuussa 2015 ja se kuvaa suunnittelun tilaa kyseisellä ajanhetkellä.

Kustannuslaskennan, aikataulusuunnittelun ja CO₂-päästölaskennan lähtötietoina käytettiin suunnitelmien mukaisia määrätietoja. CO₂-laskennassa ei huomioitu koko hankkeen elinkaaren aikaisia päästöjä, vaan siinä keskityttiin hankkeen rakentamisessa vapautuviin CO₂-määrien arviointiin. Kustannukset ja CO₂-päästöt esitettiin yhdistelmämallissa erilaisin korostuksin ja kaavioin suhteessa aikaan.

Hankkeen rakennusinvestoinnin päästöt ovat yhteensä noin 24 000 tonnia CO₂. Näistä noin 95 % muodostuu hankkeen rakentamisessa käytettävistä päämateriaaleista: betonista, teräksestä sekä kuorma-autokuljetuksista ja työ-koneista. Päästöt voidaan myös suhteuttaa investoinnin kustannuksiin. Tässä hankkeessa investoitua euroa kohden CO₂-päästöjen määrä oli työmaatehtävät mukaan lukien 0,28 kg CO₂/€.



Kuva 4.4 *Pisara radan rakentamisen arvioidut päästöt panosluonteen mukaan. (Herva ym. 2015)*

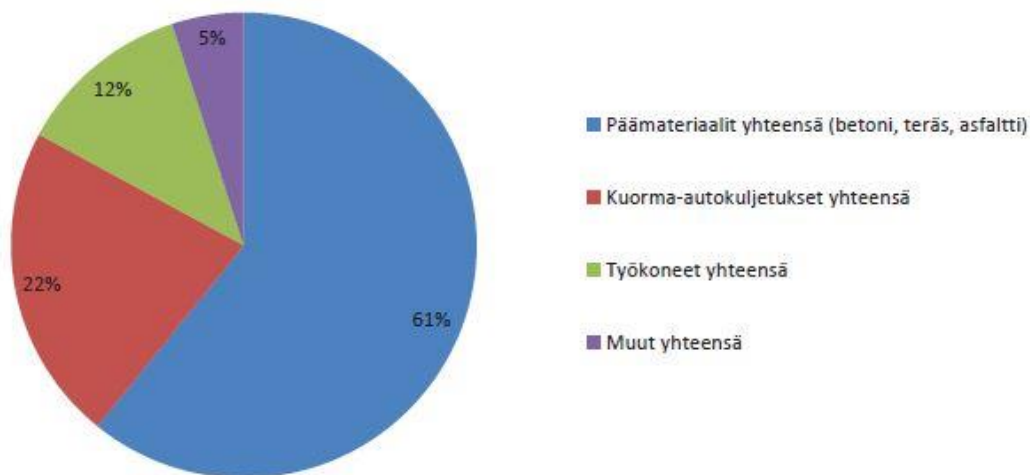
4.5 Panospohjainen Kivikon eritasoliittymän rakentamisen hiilijalanjälki

Liikenneviraston hiilijalanjälkilaskelmatutkimus "Panospohjaisen CO₂-laskennan pilotointi väylähankkeessa – Kehä I liittymän parantaminen Kivikontien eritasoliittymän kohdalla" (Aulakoski ym. 2014) tehtiin 2013–2014 pilottina Liikenneviraston investointihankkeelle "Kehä I:n liittymän parantaminen Kivikontien eritasoliittymän kohdalla". Projektissa laskettiin hankkeen investoinnin CO₂-päästöt Fore-järjestelmän pohjalta. Laskennan ohessa laadittiin prosessikuvaus panospohjaisen CO₂-laskennan suorittamisesta investointihankkeessa.

Kivikontien eritasoliittymän hankkeen kokonaispäästöt olivat 10 712 tonnia hiilidioksidia. Panosluonteen mukaan tarkasteltaessa havaittiin, että noin 95 % CO₂-päästöistä muodostuu hankkeen rakentamisessa käytettävistä päämateriaaleista: betonista (3 940 t CO₂), teräksestä (1 730 t CO₂) ja asfaltista (840 t CO₂) sekä kuorma-autokuljetuksista (2 360 t CO₂) ja työkoneista (1 300 t CO₂).

Kun hankkeen laskelmaa tarkasteltiin hankeosien mukaan, ilmeni että päästöiltään merkittävimmän kokonaisuuden muodostivat kadut noin 28 % osuudella, seuraavaksi suurin hankeosaryhmä oli sillat 27 % ja Mt 101 ramppeineen noin 25 %. Keskimäärin tässä hankkeessa investoitua euroa kohden CO₂-päästöjen määrä oli 0,37 kg CO₂/€.

Projektin aikana järjestettiin työpaja, jossa teemana oli päästöjen vähentäminen. Toimenpiteet, joita tehdään itse rakennustyön aikana, todettiin päästöjen kannalta merkittävämmäksi kuin liikennejärjestelyt. Suunnittelun merkitys korostui hankkeiden prosessien joka vaiheessa, eli mitä varhaisemmassa vaiheessa hiilidioksidipäästöjen vähentäminen otetaan hankesuunnitelmassa tavoitteeksi, sitä suurempi on vaikuttavuus. Erityyppisten pilottikohteiden avulla voidaan löytää konkreettisia toimintamalleja panospohjaisen CO₂-laskennan hyödyntämiselle.



Kuva 4.5 Kehä I:n ja Kivikontien eritasoliittymän rakentamisen arvioidut päästöt panosluonteen mukaan. (Aulakoski ym. 2014)

4.6 Standardipohjainen Kivikon eritasoliittymän rakentamisen hiilijalanjälki

Liikenneviraston tutkimuksessa "Infrahankkeiden EN-standardia noudattava hiilijalanjälki- ja elinkaariarviointi – Hankkeiden hiilijalanjäljen ohjaus- ja optimintamahdollisuudet suunnittelu- ja rakennuttamistoiminnassa" (Pasanen ym. 2017) on arvioitu tapaustutkimuksena Kivikon eritasoliittymän rakennus-hanke EN 15978 -standardin mukaisesti. Hanke on laskettu yksityiskohtaisesti kaikille standardiin kuuluville päästölähteille, lukuun ottamatta tiettyjä kunnossapidon toimintoja. Laskennassa on käytetty päämateriaaleille kotimaisen tuotannon ympäristövaikutuksia ja siltabetoneille niiden ominaisia päästöjä. Hankkeessa käytettiin laskentasovellusta One Click LCA.

Kivikon eritasoliittymähankkeen EN 15978-standardin mukaan 50 vuodelle laskettu elinkaaren hiilijalanjälki on bruttomääräisenä noin 13 114 tonnia CO₂-ekvivalenttia. Hankkeen hiilipäästöjä keventävät sekä betonimurskeen karbonatisaatio että hankkeen purkamisen jälkeinen materiaalien, etenkin teräksen, hyödyntäminen kierrätysmateriaalina. Jos nämä kevennykset otetaan huomioon, päästöiksi saadaan 10 474 tonnia.

Hankkeen ilmastovaikutus aiheutuu materiaaleista (69 %), rakentamisprosessista (18 %), kuljetuksista (13 %), asfalttipintojen uusimisesta (12 %), valaisinten energiankulutuksesta (11 %) sekä purkamisesta ja loppukäsittelystä (3 %). Muilla ympäristövaikutusluokilla jakauma on erilainen. Käytetty betonimurske vähentää hankkeen elinkaaripäästöjä (-12 %) samoin kuin rakennusmateriaalien uusiokäyttö, kierrätys ja poltto elinkaaren lopussa (-14 %).

5 Pohjoismaiset hiilijalanjäljen laskentamenetelmät

5.1 Suomen laskentamenetelmät

Suomalaisilla eri hiilijalanjäljen laskentatyökaluilla on erilaisia tapoja laskea materiaalipäästöjä, työvaiheiden ja koneiden työn erilaista jakautumista ja erilaisia vaikutusten arviointimenetelmiä. Fore on lähtenyt liikkeelle rakennuskustannuslaskennasta, MELI maarakennuksen ja OneClickLCA talonrakennuksen hiilijalanjäljestä. (Lähde: NordLCA 2017 koko luvun 5.1 osalta, ellei muuta mainita.)

Fore

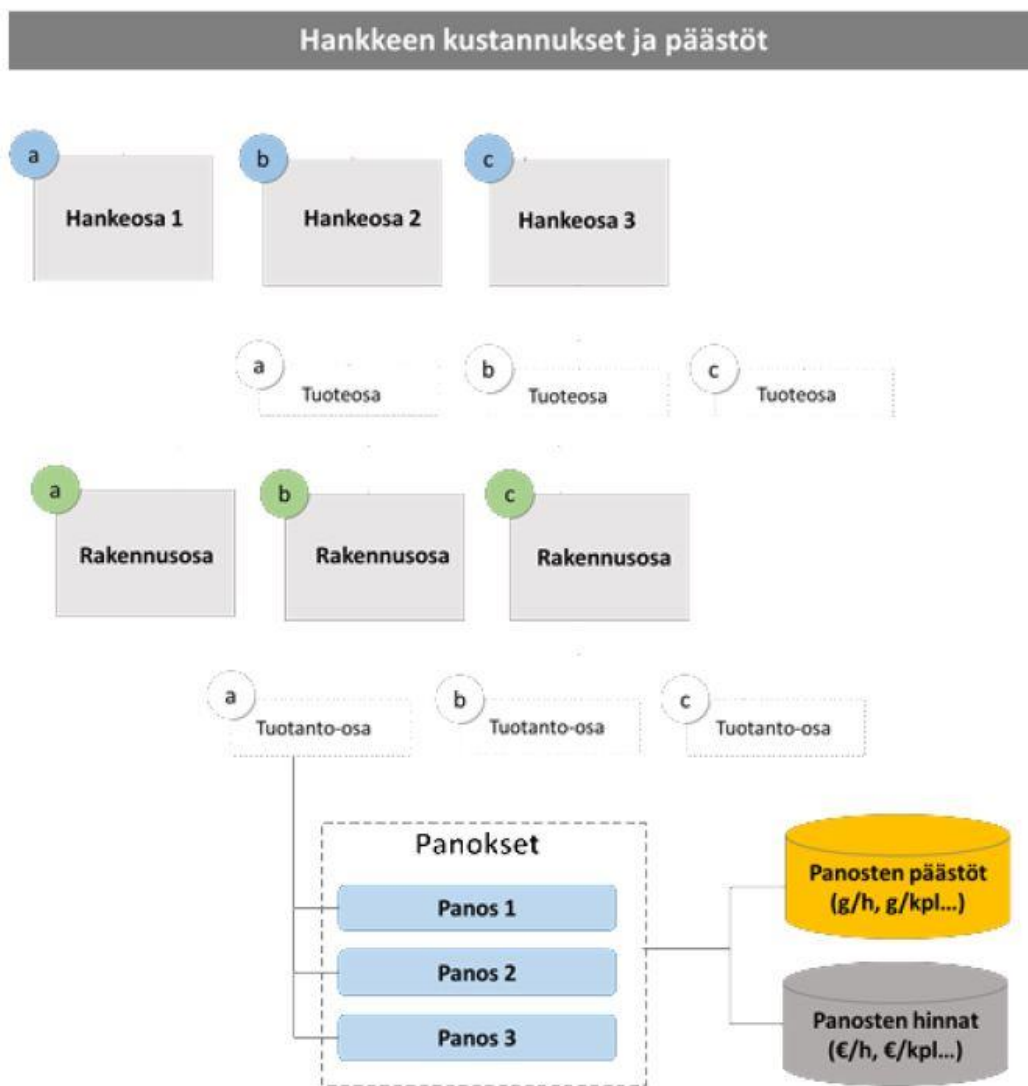
Fore on kaupallinen työkalupakki rakennuskustannusten laskemiseen. Määrät mitataan suunnitelmasta perustuen suomalaiseen Infra2015-nimikkeistöön. Työkalut omistaa ja kehittää Rapal Oy.

Fore-Scope, Fore-Hola ja Fore-Rola ovat työkaluja rakennuskustannusten ja teiden, rautateiden ja katujen sekä muun infrastruktuurin määrän laskemiseen Suomessa. Fore-Scopea käytetään kaupunkisuunnittelutasolla, Fore-Holaa käytetään yleissuunnittelutasolla ja Fore-Rolaa detaljisuunnittelutasolla. Kaikki Fore-työkalut perustuvat samaan hierarkkiseen rakenteeseen, joten aikaisempien projektivaiheiden laskelmia voidaan helposti käyttää seuraavan vaiheen perustana.

Fore-Rola on yleisimmin käytetty työkalu rakennuskustannusten ja infrastruktuurityömäärien laskemiseen. Fore laskee kustannukset ja määrät perustuen suomalaiseen Infra2015 -nimikkeistöön koko infrastruktuurisektorille, Foren standardikustannustietokantaan ja Foren mallinnettuun rakennuselementtien ja rakennustoimintojen jakautumisrakenteeseen. Nimikekohtaiset määrät mitataan suunnitelmista.

Fore käyttää keskimääräisiä kustannusmääriä ja päästökertoimia. Tuotekohtaisia kustannuksia, määriä ja päästökertoimia ei voida käyttää. Ajoneuvojen energiankulutuksen ja päästöjen laskemiseen on käytetty perustana VTT:n ylläpitämää Suomen kansallista Lipasto-tietokantaa. Päästökertoimet, joita on käytetty Kivikontien vaihdon laskelmiin, on raportoitu.

Elinkaarilaskelma Foren kanssa on testattu joissain pilottihankkeissa (infra: tiet, rautatiet ja kadut, tulos: CO₂ ja CO₂e). Forella ei tällä hetkellä ole käyttövalmista elinkaarilaskentatyökalua. Elinkaarilaskelmat tehdään perustuen rakennuskustannuksiin, jotka on arvioitu Fore-Rolalla (tai muilla Fore-työkaluilla). Varsinainen elinkaarilaskelma on suoritettu Rapalin asiantuntijoiden toimesta. Tarvittaisiin kehitystyötä muiden päästöluokkien laskemiseksi.



Kuva 5.1 Foren hankehierarkia kuvaa miten päästöt ja hinnat järjestelmässä muodostuvat. (Rapal Oy 2019)

MELI

MELI oli ensimmäinen suomalainen hiilijalanjäljen laskentaohjelma. Se on Excel-pohjainen, VTT:n 1990-luvun lopulla kehittämä, ja on toistaiseksi lähinnä VTT:n ja muiden elinkaarilaskelma-asiantuntijoiden käytettävissä. Suunnittelijoita varten on kehitteillä internet-pohjainen, käyttölisenssillä toimiva versio. Helsingin kaupungille on kehitetty työkalu maaperän lujitusmenetelmien elinkaaritarkasteluun.

MELI käsittelee maanrakennusta, päällystämistöitä ja maanparannusta. Työkalun tietokanta sisältää merkittävimpien rakennusmateriaalien ja työvaiheiden ympäristövaikutukset. Hiilijalanjälkilaskentaa on pilotoitu kahdessa ST-tienrakennushankkeessa.

MELIn käyttöliittymä ei ole kovin käyttäjäystävällinen. MELi hyötyisi, jos laskelmiin olisi useita tyyppirakenteita, sillä MELissä on toistaiseksi vain yksi tyyppi-poikkileikkaus käytössä.

OneClickLCA

OneClickLCA:n kehitti Bionova Oy. Sitä käytetään elinkaari- ja hiilijalanjälkilaskentoihin rakennusteollisuutta varten. Se käyttää BIM-tietomallinnusta (Building Information Modeling) laskentoja varten ja siihen voi syöttää lähtötiedoiksi myös Excel- tai IFC-dataa. Se toimii myös rakennusten rakenne- ja arkkitehtuurimallien kanssa.

Bionova on koonnut päästötietokannan materiaalityöntuottajilta ja muista tietolähteistä saadun aineiston perusteella ja tarkistanut ne itsekin. Myös Ecoinventin tietokannan käyttö on mahdollistettu.

Ohjelmassa on toistaiseksi puutteellinen sopivuus muihin kuin talonrakennushankkeisiin, eli tie-, katu- ja ratakankkeisiin sopivuutta olisi kehitettävä. Esimerkiksi päällystysurakoiden osalta raporttien tulisi sisältää raaka-aineen kuljetuspituudet, kierrätetyn asfaltin osuus, bitumiprosentti, käytetyn poltto-aineen laatu, tuotantolämpötila ja asfaltin kuljetuspituus työmaalle.

Uusia työkaluja

Väylävirastossa kehitetään parhaillaan uutta IHKU-kustannuslaskentajärjestelmää (Infrahankkeiden kustannuslaskentajärjestelmä), jonka arvellaan olevan tuotannon käytössä vuoden 2020 lopussa. IHKU:n tarkoitus hankkeissa on olla Väylän eli hankkeiden tilaajan hallinnoima työkalu, jota palveluntuottajat käyttävät.

Siinä ei toistaiseksi ole hiilijalanjälkilaskentaa, mutta siihen on mahdollista rakentaa sellainen. Nykyisinkin hiilijalanjälkeä voi karkeasti laskea hankkeiden kustannuslaskennan panosrakenteita hyväksi käyttäen, sijoittamalla panosten CO₂-arvot eurojen tilalle.

5.2 Ruotsin laskentamenetelmät

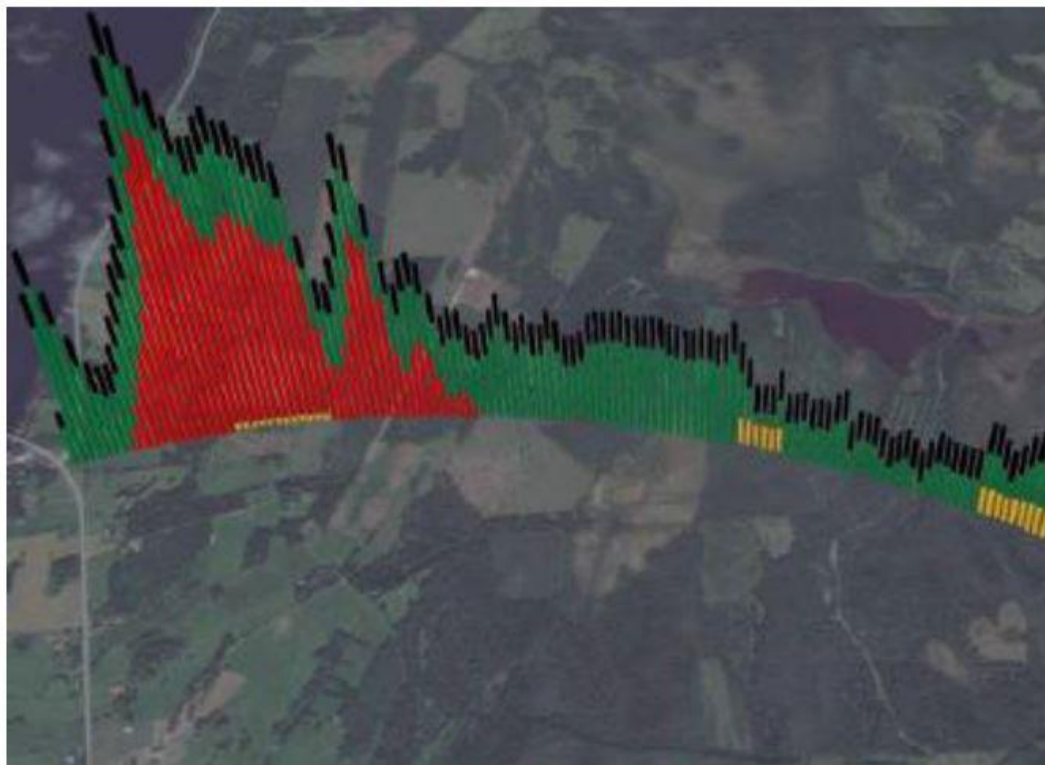
Ruotsin liikennevirasto Trafikverket käyttää kolmea erilaista työkalua sekä kustannusten että kasvihuonekaasupäästöjen laskemiseen. Työkalut ovat Geokalkyl, EKA ja Klimatkalkyl. Niistä käytetyin on Klimatkalkyl, jota voidaan käyttää infrastruktuurihankkeen kaikissa vaiheissa. Geokalkyl liittyy erityisesti geotekniikkaan ja EKA asfaltin valmistukseen. (Lähde: NordLCA 2017 koko luvun 5.2 osalta.)

Geokalkyl

Geokalkyl on Trafikverketin ja ÅF:n kehittämä työkalu tie- ja ratainfrastruktuurin linjausvaihtoehtojen arviointiin projektin varhaisessa vaiheessa. Maamallin rakentamiseen käytetään paikkatietoja topografiasta, infrastruktuurin sijoittelusta, maaperän syvyydestä ja maaperätyypeistä massataseen, rakennuskustannusten, energian- ja CO₂e-kulutuksen laskemiseen. Ohjelma on erittäin visuaalinen, koska se käyttää paikkatietoa esittämään CO₂e -tulokset kartalla.

Geokalkyl keskittyy geoteknisiin vahvistustoimenpiteisiin ja massatasapainon saamiseen jokaisesta vaihtoehdosta, erilaisten rakenneosien, kuten siltojen, tunnelien jne., tai ristiriitaisten intressien analysointiin. Se laskee rakennuskustannukset, energian- ja CO₂e-kulutuksen. Koska tulokset perustuvat korkeustietoihin, lasketut määrät ovat erittäin tarkkoja. Myös rakentamisen aikaisten koneiden käyttö on sisällytetty ohjelmaan.

Geokalkyliä on helppo käyttää paikkatieto- ja geoteknologian tuntemuksen avulla. Elinkaarianalyysi ei ole kattava, koska mukana on vain tien tai rautatien tuotanto ja rakentaminen. Geokalkyl sisältää rakentamiseen tarvittavien koneiden käytön.



Kuva 5.2 Geokalkylin tuloksia havainnollistettuina. Värit kuvaavat rakennetta (päällyste, täyttö, leikkaus, pohjanvahvistus) ja käyrän korkeus hintaa.

EKA (Energi och Koldioxid i Asfaltsproduktion)

EKA on ruotsalainen LCA-työkalu, joka on kehitetty Trafikverketille ja mukautettu ruotsalaisiin pinnoitustyyppeihin ja tekniikkoihin. Se on ollut ladattavissa ilmaiseksi loppuvuodesta 2017 lähtien. Trafikverket käyttää EKAa toisaalta valitakseen, minkä tyyppistä asfalttia on käytettävä missäkin hankkeessa, ja toisaalta vähentääkseen asfaltin tuotannon ilmastovaikutuksia yhteistyössä teollisuuden kanssa. Yrittäjät voivat käyttää EKA:a asfaltin tuotannon prosessien optimointiin ilmastovaikutusten ja energiankulutuksen minimoimiseksi. Perusajatuksena oli myös käyttää työkalua teiden kunnossapidossa uuden pinnoitteen levittämisen suunnitteluun.

EKAassa on mahdollista valita oletusarvojen lisäksi tiettyjä koneita ja niille erityisiä teknisiä tietoja (esim. dieselin kulutus), tuotantosuhteet ja kapasiteetti räjäytykseen, murskaamiseen ja asfaltin valmistukseen. Käytettyä sähköä, ajoneuvon kokoa kuljetusta varten ja kuljetuspituutta on mahdollista muuttaa.

EKAN laskentamalli seuraa rakennusprosessia samalla tavalla kuin kustannusarviolaskelmat tekevät. Se laskee asfaltinvalmistuksessa käytetyn primäärienergian ja kasvihuonekaasupäästöt, syöttömateriaaleista tien viimeistelyyn. Tien tuotanto ja asettaminen sisältyvät elinkaarilaskelmiin. EKAN laskelmat palvelevat myös Klimatkalkyliä tiedolla teiden viimeistelypinnoittelusta.

EKA on helppokäyttöinen, tarkka ja yksityiskohtainen. Laskelmaan sisältyy kuitenkin vain asfaltin tuotanto ja päällystystyö. Eri pinnoitustyyppien kunnossapitoeroja ei oteta huomioon, kuten missä ja miten pinnoitetta on mahdollista käyttää uudelleen jne. ja sen käyttöänsä loppua. EKAN edelleen parantamiseksi tulisi keskittyä kunnossapitoon, jotta saadaan täydellisempi elinkaarianalyysi. Muuten ne ympäristöhyödyt, jotka aiheutuvat pidemmän käyttöänsä tai uudelleen käytettävästä asfaltista, unohtuvat. Myös muiden tienpäällysteiden kuin asfaltin käyttöönotto laajentaisi työkalua.

Klimatkalkyl

Klimatkalkyl on Trafikverketin omistama ja ylläpitämä työkalu kasvihuonekaasupäästöjen ja primaarienergian käytön laskemiseen tie- ja rautatieinfrastruktuurilla. Sitä on käytetty laajasti vuodesta 2015 lähtien, ja sitä on pakollista käyttää yli 50 miljoonan kruunun suuruisissa hankkeissa. Se on verkko-pohjainen ja julkaistaan Trafikverketin verkkosivustolla. Se on kaikkien käytettävissä, jotka haluavat sitä tarkastella, mutta laskelmien tallentamiseksi ohjelman sisällä tarvitaan valtuutus.

Työkalua käytetään fyysisen suunnittelun ja rakentamisen kaikissa vaiheissa seuraamaan ilmastonmuutosvaatimuksia urakoitsijoiden hankinnoissa. Klimatkalkyl antaa tietoa ilmastoon vaikuttaville päätöksille reitin linjauksesta, rakennustyyppistä (esimerkiksi betoni- tai teräsilta) ja siitä, mitä materiaaleja tai polttoaineita yleensä käytetään. Siinä tuodaan esiin, mitkä osat infrastruktuurista aiheuttavat suuria kasvihuonekaasupäästöjä.

Järjestelmärajoihin sisältyy raaka-aineiden louhinta, prosessointi, rakentaminen ja jossain määrin kunnossapito. Kuljetus materiaalin alkutuotannosta rakennustyömaalle sekä elinkauden loppuvaihe ja väylän tuleva liikenne eivät sisälly työkaluun.

Työkalu perustuu päästökertoimiin ja resurssimalleihin tarvittaville rakennusosille, materiaaleille ja kunnossapidolle. Klimatkalkyl tarkentuu projektin edetessä ja lähtötiedot voidaan syöttää eri tarkkuustasoilla projektivaiheesta riippuen, erilaisten tie- ja rautatyyppien pituuden, siltojen neliömetrien, rautatieasemien, maanvahvistuksen, valaistuspisteiden määrän, liikenneympyröiden, metroasemien ja risteysten muodossa. Käytetyt erilaiset rakennusmateriaalit ovat teräs, betoni, paalut, kaapelit sekä maa- ja kalliomassat, mutta on myös mahdollista syöttää omia materiaaleja tai rakennusosia.

Työkalun käyttö ei edellytä erityisiä elinkaarilaskentataitoja, eli se on käyttäjäystävällinen työkalu. Toki tarkempi analyysi kannattaa jättää asiantuntijan tehtäväksi.

Tuloksia saataessa Klimatkalkylistä voidaan käyttää vapaasti sopivaa käyttöikää (yleensä 40 tai 60 vuotta). Eri projektit käyttävät erilaisia elinaikoja. Työalueella esitetty tulos on kolmella tavalla:

- kaikkien rakentamiseen liittyvien toimien kokonais- CO₂e ja GJ
- rakentamisen ja uudelleeninvestointien CO₂e- ja GJ-arvot ilmaistuna vuodessa kaikkien malliin kuuluvien komponenttien teknisen eliniän perusteella
- huollossa ja toiminnassa syntyvä CO₂e ja GJ vuodessa.

Työkalua voitaisiin kehittää edelleen siten, että siihen sisältyisi liikenne sekä kuljetus tuotantopaikan ja rakennustyömaan välillä. Laskelmien tarkkuus vaihtelee projektivaiheesta riippuen, ja mallien tarkkuutta resurssien käyttöön voitaisiin parantaa. Toiminnan ja kunnossapidon jatkokehityksessä voisi osoittaa paremmin hankkeiden sisäisten parannusten tulokset.

5.3 Norjan laskentamenetelmät

Norjassa on tällä hetkellä saatavana yksi elinkaarilaskentatyökalu ja kaksi elinkaaritarkastelumenetelmää tie- ja rautatieinfrastruktuureille. Työkalua, VegLCA, testataan parhaillaan käytettäväksi. Yksi menetelmistä, ilmasto-moduuli ja EFFEKT, ovat käytössä. Toista menetelmää kehitetään ja rakennetaan parhaillaan, ja se on osittain käytössä nykyisessä versiossa. (Lähde: NordLCA 2017 koko luvun 5.3 osalta.)

EFFEKT ja VegLCA käsittelevät tien infrastruktuuria, ja niitä voidaan soveltaa varhaisessa suunnitteluvaiheessa sekä suunnittelu- ja sopimusvaiheessa. Yleisten tie- ja raide-elementtien menetelmä voidaan toteuttaa kaikissa suunnittelun vaiheissa, joissa asiaankuuluvien infrastruktuurirakenteiden geometria ja luokka ovat tiedossa, mutta jos tietoa materiaalien määrästä ja energiankulutuksesta on saatavana, VegLCA on sopivampi. Menetelmä ei kata kaikkia merkityksellisiä tie- ja rautatierakenteita ja elementtejä sen nykyisessä versiossa. Yhdessä nämä työkalut ja menetelmät voivat kattaa Norjan tieinfrastruktuurin suunnittelun kaikki vaiheet.

EFFEKT-ohjelma ja sen ilmastomodula

EFFEKT, jonka ilmastomodula otettiin käyttöön vuonna 2011, on työkalu tiehankkeiden sosioekonomisten vaikutusten kustannus-hyötyarviointiin. Sen on kehittänyt Norjan julkinen tiehallinto (Statens vegvesen), ja sitä on pakollista käyttää vaikutusten arvioinnissa kaikkien tieinfrastruktuurihankkeiden varhaisessa suunnittelussa. EFFEKTiä käytetään erityisesti erilaisten teiden suuntausten vertailuun.

EFFEKT ja sen ilmastomodula kattavat avoimet tieosuudet, sillat, tunnelit, lautat, jalankulku- ja pyörätiet, jalkakäytävät, maanrakennustyöt, räjäytykset, joukkoliikenteen, kaiteet ja viemärijärjestelmät. Käyttö- ja kunnossapitotoimenpiteitä ovat: uudelleenpäällystäminen, lauttojen käyttö, lauttojen hienosäätö, valaistus, tunnelin tuuletus ja pumppaus merenalaisissa tunneleissa.

Materiaalinkulutuksen arviot perustuvat yleisiin tie-elementteihin metriä tai kilometriä kohti, ja maanrakennustyöt ja joukkoliikenne perustuvat tiegeometriaan ja geologiaan, jotka puolestaan perustuvat läänin keskimääräisiin olosuhteisiin. Esimerkkejä laskelmien perustana käytetyistä parametreista

ovat: keskimääräinen vuosittainen päivittäinen liikenne, teiden/tunnelien/siltojen pituus ja leveys, kaiteiden pituus, selän kaltevuuden korkeus ja kallion osuus suuntauksesta.

Työkalu helpottaa ilmastopäästöjen vähentämistä strategisilla valinnoilla, kuten reitin linjaus, esim. tie vuoren tai tunnelin ympärillä, päämateriaalin valinta siltakannella, kunnossapitostrategiat jne. Työkalussa käytetyt CO₂-päästöjen ja kertyneen energian kertoimet lasketaan soveltamalla LCA: ta ISO 14040: 2006 -standardin mukaisesti.

Tietokannat hyötyisivät yksityiskohtaisemmista tiedoista, esimerkiksi siltojen inventoinnit ja laskelmat dieselin kulutuksesta rakennusvaiheessa ovat melko epävarmoja.

VegLCA

VegLCA (RoadLCA) on MS Excel -pohjainen laskentatyökalu, joka kehitettiin vuonna 2015 Statens vegvesenille. Se on suunniteltu käytettäväksi tien suunnitteluprosessin myöhäisessä vaiheessa (suunnittelu- ja sopimusvaihe), kun materiaalmääriä on saatavana erittäin yksityiskohtaisesti. Työkalu on tehty helpoksi käyttää tien suunnittelijoille.

Ohjelmassa on sekä oletuskertoimia että syöttömahdollisuus maan/kallion massojen ja syöttömateriaalien kuljetusäisyyksille, energiankäytölle toiminnassa, huoltotoimien tiheydelle, energiankäytölle rakennuslaitteissa jne. sekä projektikohtaiselle päästöintensiteetille (esim. EPD-tietoja). VegLCA mahdollistaa ympäristön optimoinnin yksityiskohtaisella tasolla koskien komponenttien ja tienkerrosten materiaalivalintoja, maan ja kallion massojen kuljetusäisyyksiä, siltojen ja tunnelien suunnittelua, rakennuslaitteita ja tekniikkoja, käyttö- ja kunnossapitostrategioita ym. VegLCA:ta voidaan käyttää myös tarjouskilpailuissa, jolloin ympäristövaikutusten budjetointi on osa tiehallintojen hankintojen päätöksentekopohjaa.

VegLCA soveltuu huomattavasti hyvin ST-tiehankkeille, mutta huonosti suuntausvaihtoehtojen vertailulle, koska tarkkaa dataa saadaan yleensä vasta valintojen jälkeen. Työkalua voidaan nykyään soveltaa osittain rautatiehankkeisiin, mutta siitä puuttuvat radan päällysrakenteen elementit (ratapölkkyt, kiskot jne.), merkinantojärjestelmät sekä tietoliikenteen ja virtalähteen komponentit. VegLCA:n laajentaminen rautateiden sisällyttämiseksi olisi arvokas lisä rautateiden suunnitteluprosessiin. Maankäytön muutoksista johtuvien ilmastovaikutusten laskelmia olisi parannettava.

Yleismenetelmä tie- ja rataelementeille

Alustava menetelmä elinkaaritarkastelun soveltamiseksi infrastruktuurisuunnittelun varhaisessa vaiheessa on kehitteillä. Tämä menetelmä sisältää elinkaariuutemat useille infrastruktuuri-elementeille ja komponenteille, kuten rautatie- ja maantietunnelit, valitut siltarakenteet, Statens vegvesenin määrittelemät tieluokat, kaiteet, viemärijärjestelmät, elektroniset komponentit (lähinnä rautatieinfrastruktuuriin) ja myös valitut moottoritiet. Tietokannat perustuvat Statens vegvesenin käsikirjoihin, siltojen teknisiin piirustuksiin, empiirisiin tietoihin ja aiempaan tutkimukseen.

Menetelmää parannetaan lähinnä EFfEKTin ilmastomoduulissa. Sitä ei kuitenkaan voida soveltaa helposti, koska sitä ei ole koottu yhteen yhteiseen ohjelmistoalustaan (esim. SimaPro tai Excel). Menetelmää olisi myös laajennettava kattamaan enemmän infrastruktuurielementtejä ja -komponentteja, eikä se nykyisessä vaiheessa kata maarakennusta tyydyttävällä tavalla.

Menetelmää tulisi kehittää edelleen ja rakentaa yksinkertaiseksi käytettäväksi työkaluksi, jolla on mahdollisuuksia vaihdella esimerkiksi suunnittelua, tekniikkaa, materiaalivalintoja sekä käyttö- ja huoltostrategioita. Sen tulisi ihannetapauksessa mahdollistaa erilaisten infrastruktuurihankkeiden vertailu ja kenties tie- ja rautatiekuljetusten vertailu. Sen tulisi sisältää monia vaihtoehtoja suunnittelun, teknologioiden, materiaalien ominaisuuksien jne. suhteen, jotta niistä saataisiin arvokas työkalu päätöksenteossa. Täysin kehittyneenä se olisi ihanteellinen integroitavaksi BIM-työkaluun.

5.4 NordLCA ja sen tavoitteet

NordLCA on yhteispohjoismainen elinkaari- ja hiilijalanjälkilaskennan koordinaatioprojekti, jossa ovat toistaiseksi mukana Norja, Ruotsi ja Suomi. NordLCA:n tarkoitus on koordinaation myötä parantaa näiden laskentojen uskottavuutta ja lisäksi pystyä käyttämään hiilijalanjäljen laskentaa olennaisena vaatimuksena hankkeiden kilpailutuksessa suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden välillä. Projektille, joka alkoi vuonna 2017, myönnettiin jatkoaikaa vuoteen 2020 asti. (Lähde: NordLCA 2017 koko luvun 5.4 osalta.)

Yhteisten suuntaviivojen tarve on NordLCA-yhteistyössä suurempi kuin yhteisten työkalujen tarve. Nykyiset työkalut antavat jo tarvittavat tulokset, ja siksi tärkeämpää on työskennellä ohjeille ja työkaluille hyvällä yhteisellä perustalla, johon tarvitaan suuntaviivoja. Jotkut nykyisistä työkaluista olisivat kuitenkin arvokas lisä muissa maissa. Tämä koskee pääasiassa EKA-, Geokalkyl- ja EPD-työkaluja, joiden kääntämistä ja mukauttamista pyynnöstä NordLCA:n tulisi helpottaa.

Yhteisten suuntaviivojen laatimista tehostetaan NordLCA:ssa. Ehdotuksen mukaan Norjan, Ruotsin ja Suomen liikennehallintojen vastaavat virastot kutsuisivat koolle konsultteja, jotka käyvät työpajoissa tarvittaessa ja tekevät tehtäviä työpajojen välillä. Mukana tulisi myös muun tyyppisiä asiantuntijoita: BIM-tietomallit, elinkaaren kustannuslaskenta, urakoitsijat, suunnitteluvaiheen asiantuntijat jne.

NordLCA:ssa on valmisteilla tarjouspyyntö ohjeistuksen jatkokehitykselle (Framework of guides), jonka vetovastuu on Norjalla. Ruotsilla on vetovastuu Trondheimin seminaarin järjestämisestä NordLCA-sivutapahtuman osalta. Suomen vetovastuulla on eri ohjelmistojen ja laskentatyökalujen testaus ja kehitystarpeiden tunnistus.

5.5 Panospohjainen laskentamenetelmä

"Panospohjaisen CO₂-laskennan pilotointi väylähankkeessa – Kehä I liittymän parantaminen Kivikontien eritasoliittymän kohdalla" -hiilijalanjälkilaskelmatutkimushankkeessa hyödynnettiin Rapal Oy:n kehittämää Fore-kustannushallintapalvelun sisältämää Rola-työkalua. Rola sisältää Infra2006 mukaisesti

jaotellun nimikkeistön, josta löytyvät yleisimmät infrarakentamisessa käytettävät rakennusosat. Rakennusosien yksikköhinnat koostuvat kustannustiedostoista, jotka ovat mallinnettu niissä tarvittavien panosten avulla. Rolaa hyödynnetään tavallisesti hankkeen tie- tai rakennussuunnitelman kustannusarvion tekoon. (Aulakoski ym. 2014)

Hiilijalanjäljen laskennan periaate tällä panospohjaisella laskentamenetelmällä on seuraava (Rapal Oy 2019):

- Hankkeen rakennusosanimikkeiden ja niiden panosrakenteen avulla selvitetään tarvittavien erilaisten panosten kokonaismäärät hankkeessa.
- Panoksille määritetään päästökertoimet, jotka indikoivat yhden panosyksikön käytöstä aiheutunutta hiilidioksidipäästöä. Päästökertoimet valitaan tilanteeseen soveltuviksi asiantuntija-arvioiden perusteella.
- Mallinnettujen panos- eli työ- ja materiaalimenekkien perusteella panosten päästöt summataan hankkeen kokonaispäästöksi ja analysoidaan niiden muodostumista eri panostyypeittäin (esim. työkone tai materiaali) tai rakennusosittain (esim. maaleikkaus, massat penkereeseen).

Laskennassa on otettu huomioon investointilaskelmaan sisältyvien rakennusosien eli rakenteiden sisältämien materiaalien ja tuotteiden sekä rakentamistuotannon (kone- ja kuljetustyön) päästöt. Päästölaskentaan ei sisälly rakennusaikana läpimenevän liikenteen päästöjä eikä valmiin kohteen elinajan hoito- ja korjaustehtävien tai liikenteen päästöjä. Materiaalien ja tuotteiden päästöihin sisältyy niiden valmistuksen, raaka-aineiden ja tuotantoprosessin päästöt. Maa- ja kiviainesmateriaalien, asfalttien ja betonin osalta niiden kuljetus hankkeelle on huomioitu kuljetuksena. Hanketehtäviin sisältyvä panoskäyttö (esim. parakit ja työjohto) jää laskennan ulkopuolelle. (Rapal Oy 2019)

Foren hinnastohierarkia jakautuu hankeosiin (esim. kadut ja sillat), tuoteosiin (esim. runko-osa, pinta-osa), rakennusosiin (esim. päällyste, kantava kerros), tuotanto-osiin (esim. kuljetus, asennustyö) ja lopulta panoksiin (esim. kuorma-auto, rakennusmateriaali) (katso kuva 5.3). Investointihankkeen kokonaispäästöt esitetään panosluonteen, hankeosien ja Foren 100-tasojen mukaan, sekä investoinnin kustannusten suhteessa. (Aulakoski ym. 2014)

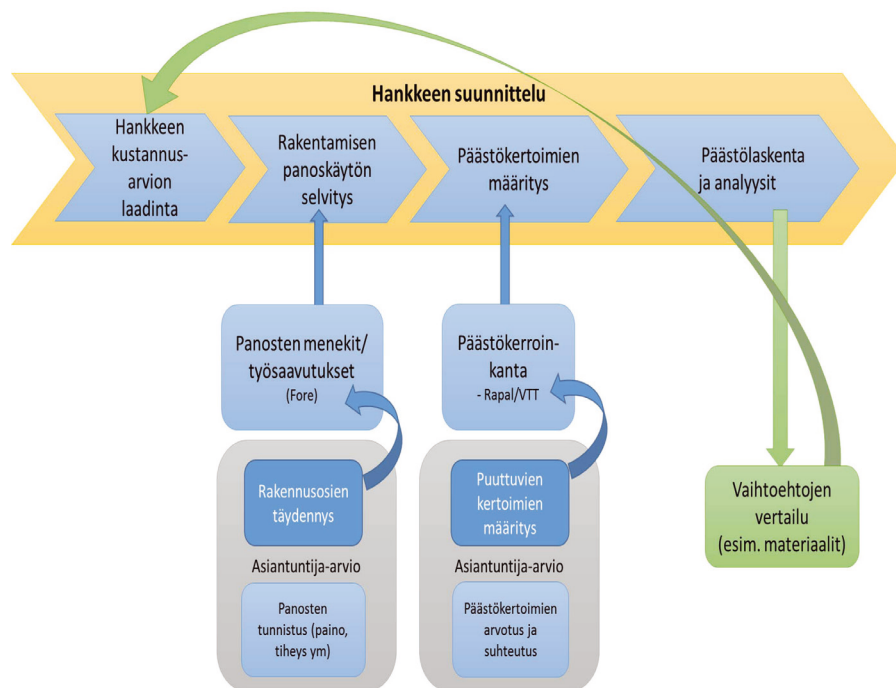
Hankeosia ovat esim. (Aulakoski ym. 2014):

- rampit
- kadut
- sillat
- jalankulku- ja pyörätiet
- portaat
- melusuojaus
- liikenteenohjausjärjestelmät
- tieympäristö
- valaistus
- vesihuollon järjestelmät.

Foren nimikkeistön 100-tasoa ovat esim. (Aulakoski ym. 2014):

- pohjarakenteet
- maaleikkaukset ja kaivannot
- kallioleikkaukset, -kaivannot ja tunnelit
- penkereet, maapadot ja täytöt
- kasvillisuusrakenteet
- sillat
- sähkö-, tele- ja konetekniset järjestelmät
- vesihuollon järjestelmät
- turvallisuusrakenteet ja opastusjärjestelmät
- perustus- ja tukirakenteet
- rakennelmat ja kalusteet.

Panospohjainen CO₂-laskenta ei huomioi koko hankkeen elinkaaren aikaisia päästöjä, vaan se keskittyy hankkeen rakentamisessa vapautuvaan CO₂-määrien arviointiin. Se on toisin sanoen osa laajempaa, standardin mukaista elinkaaren hiilidioksidin ja muiden päästöjen laskentamenetelmää.



Kuva 5.3 Panospohjaisen hankkeen päästölaskentaprosessi. (Aulakoski ym. 2014)

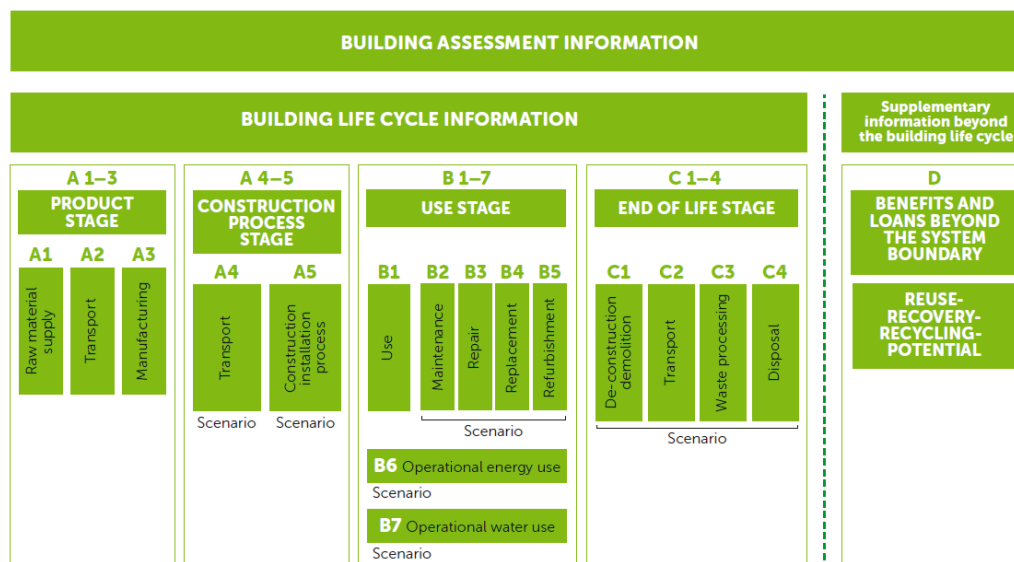
5.6 Standardipohjainen laskentamenetelmä

Rakennushankkeiden ja -tuotteiden ympäristövaikutusten hallintaan on kehitetty eurooppalaisia standardeja CEN/TC 350:n toimesta. Lisäksi parhaillaan on käynnissä standardisointityö, jossa kehitetään infrastruktuurihankkeille näitä soveltava standardi. Standardit säilyvät talonrakennus- ja infrahankkeiden osalta yhdenmukaisina. Infrahankkeiden standardi tuo mukaan laajennuksia, kuten hankkeen vaikutukset esim. liikennejärjestelmään. Kasvihuonekaasupäästöjen lisäksi standardit tukevat yli 20 muuta vaikutusluokkaa, ml. uusiomateriaalien käyttö ja jätevirrat. (Pasanen ym. 2017)

Pohjoismaissa edelläkävijöitä päästölaskentavaatimusten hyödyntämisessä julkisessa rakentamisessa ovat Trafikverket Ruotsissa ja Statsbygg Norjassa. Trafikverket edellyttää yli 50 MSEK infrahankkeiltaan elinkaaripäästöjen arviointia. Statsbygg taas on vaatinut jo vuodesta 2009 kaikilta rakennushankkeilta elinkaaripäästöjen arviointia ja ympäristöselosteita. Britanniassa päästöjä seurataan koko maan tasolla, ja hanketasolla laskenta on vapaaehtoista. (Pasanen ym. 2017)

"Infrahankkeiden EN-standardia noudattava hiilijalanjälki- ja elinkaariarviointi – Hankkeiden hiilijalanjäljen ohjaus- ja optimointimahdollisuudet suunnittelu- ja rakennuttamistoiminnassa" -tutkimus suosittelee julkisille tilaajaorganisaatioille CEN/TC 350-standardien hyödyntämistä suunnittelussa ja ohjauksessa. Standardien käyttöä edellytetään ensisijaisena tapana ympäristövaatimusten ilmaisuun myös uudessa hankintalaissa. Käytettävää uutta toimintamallia kehitettäessä on keskeistä varmistaa luotettavuus ja todennettavuus, ja tässä automaatiosta, etenkin tietomalleja käyttämällä, voi olla apua. Lisäksi infralle ominaisten tuotteiden ja palveluiden toimialan kansallisten keskiarvoympäristöselosteiden toteutusta on syytä pohtia. (Pasanen ym. 2017)

Julkaistut CEN/TC 350-standardit noudattavat yhdenmukaista elinkaarimallia, joka koostuu tuote-, rakennus-, käyttö- ja purkuvaiheesta ja elinkaaren ulkopuolisista vaikutuksista, esim. tuotteiden kierrätyksestä. Elinkaari jaetaan varsinaiseen rakennushankkeen elinkaareen ja sen ulkopuoliseen tietoon, joka koskee elinkaaren jälkeisen uudelleen käytön mahdollisuuksia (katso kuva 5.4). Elinkaaren käyttövaihe perustuu suunnittelutietoon hankkeen tarvitsemasta korjauksesta, kunnossapidosta ja esim. sen käytönaikaisesta energian kulutuksesta. (Pasanen ym. 2017)



Kuva 5.4 CEN/TC 350-standardien elinkaarimalli. Lähde: Rakennusten elinkaarimittarit (2013). (Pasanen ym 2017)

Elinkaaren vaiheet (Pasanen ym. 2017):

- A1-A3 Tuotevaihe
- A4 Kuljetukset
- A5 Työmaatoiminnot
- B1 Käyttö
- B2 Kunnossapito
- B3 Korjaus
- B4 Osien vaihto
- B5 Laajat korjaukset
- B6 Energian käyttö
- B7 Veden käyttö
- C1 Purkaminen
- C2 Purkuvaiheen kuljetukset
- C3 Purkujätteen käsittely
- C4 Purkujätteen loppusijoitus
- D Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset.

Hankkeen elinkaaren ympäristövaikutukset esitetään tulostaulukoissa seuraavasti jaoteltuna (Pasanen ym. 2017):

- hiilijalanjälki CO₂e (kg)
- happamoituminen SO₂e (kg)
- rehevöityminen PO₄e (kg)
- uusiutumaton energia (pl. materiaalit) (MJ).

Uusiutumaton energia kuvaa hankkeen uusiutumattoman energian kulutusta (pl. uusiutumattoman energian raaka-aineiden käyttö materiaaleina, kuten muoveina). (Pasanen ym. 2017)

Lisäksi nimetään jokaiselle elinkaaren vaiheelle prosenttiosuus tietyn päästö-lajin aiheutuksesta ja tämän päävaikutusten lähteet (mitkä materiaalit, mitkä kuljetukset, mikä prosessi).

5.7 Talotekniikan LCA-laskentamenetelmä

Talotekniikan LCA-laskentaohjelma mainitaan tässä esimerkkinä hiilijalanjäljen laskentamenetelmästä, jonka pohjalta on mahdollista kehittää myös infraan sopivia menetelmiä.

Talotekniikan LCA-laskentaohjelma on kehitetty VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikassa vuonna 2000, ja se on osa Talotekniikkajärjestelmien ympäristövaikutukset ja ympäristöselosteet-projektia, joka kuuluu Suomen Talotekniikan Kehityskeskuksen Elinkaarihankkeen toiseen vaiheeseen. Laskentaohjelma toimii Excel 95-, Excel 97- ja Excel 2000-versioissa. (VTT 2003)

Laskennan tuloksina saadaan uusiutuvien ja uusiutumattomien energioresursien käyttö, materiaalin ja tuotteen energiasisältö, uusiutumattomien raaka-aineiden käyttö, päästöt ilmaan (CO₂, CO, NO_x, SO₂, HC, CH₄, hiukkaset, raskasmetallit), sekä potentiaalisista ympäristövaikutuksista ilmastonmuutos (Ekoindikaattori 95-menetelmällä laskettuna), happamoituminen (Ekoindikaattori 95- ja DAIA-menetelmillä laskettuna) ja fotokemiallisten oksidanttien muodostuminen (Ekoindikaattori 95- ja DAIA-menetelmillä laskettuna). Lisäksi ohjelma laskee ns. ELU-luvun (Environmental Load Unit) EVTEKin (Espoon-Vantaan

teknillinen ammattikorkeakoulu) ilmoittamien materiaalien ja energioiden ELU-arvojen mukaan. (VTT 2003)

Elinkaariarvioinnin luokitteluvaiheessa inventaariotiedot jaotellaan vaikutusluokkiin. Ympäristövaikutukset on usein jaettu seuraaviin pääluokkiin, jotka jaetaan edelleen yksityiskohtaisempiin vaikutusluokkiin (VTT 2003):

- luonnonvarojen, alueen ja energian käyttö
- terveysvaikutukset
- ekologiset vaikutukset.

Rakentamiseen ja rakennusten käyttöön liittyviä merkittäviä tai mahdollisesti merkittäviä vaikutusluokkia ovat ainakin (VTT 2003):

- ilmastonmuutos
- happamoituminen
- otsonin muodostuminen alailmakehässä
- ekotoksisuus
- raskasmetallit
- syöpää aiheuttavat aineet
- monimuotoisuuden väheneminen.

Elinkaaritarkasteluissa on sovellettu eniten kolmea ensimmäistä vaikutusluokkaa, koska niiden mallintamisessa on edetty pisimmälle. Niihin vaikuttavien päästöjen karakterisointikertoimet määritellään. (VTT 2003)

Tämän jälkeen suoritetaan normalisointi, jossa karakterisoinnin tuloksena saatavat vaikutusluokkaindikaattorit liitetään tarkasteltavien vaikutusluokkien suuruuteen tai voimakkuuteen määrättyllä alueella ja määrättynä aikana. Sitä seuraa painottamisvaihe, jossa normalisoidut vaikutusluokkaindikaattoriluvut yhdistetään kokonaisvaikutusindikaattoriksi. Sen jälkeen kootaan tulokset johtopäätöksiksi. (VTT 2003)

6 Kehittämisehdotuksia Väyläviraston väylänpidolle

Kehittämisehdotukset ja niiden perustelut on koottu seuraavalla periaatteella: Ensiksi käsitellään hiilijalanjäljen ja ilmastomuutosta torjuvien keinojen sisällyttämistä hankintoihin, ja sen jälkeen ilmastoon vaikuttavien toimien substanssia hankkeen ollessa käynnissä. Jokaisessa aiheessa käsitellään sekä aikaisempia ehdotuksia että tämän työn lisäehdotukset. Jokaisen aiheen käsittelyn lopussa on tiivistetty luettelo kaikista mainituista keinoista.

6.1 Hiilijalanjälkilaskentojen sisällyttäminen hankintoihin

Jo väylähanketta suunniteltaessa vaikutetaan huomattavasti niin rakentamisen, käytön (liikenteen) ja kunnossapidon päästöihin, niin tien suuntauksen, poikkileikkauksen ja rakenteenkin valinnalla. Siksi Väyläviraston tulisi edellyttää hiilijalanjäljen arviointia jo suunnittelupalvelujen tarjoajilta suunnittelun hankintojen yhteydessä.

Toteutusta hankittaessa ja hankkeen kohdetta rakennettaessa päästöihin Väylävirasto voi tilaajana vaikuttaa suosimalla ratkaisuja, joissa työkoneet ovat vähäpäästöisiä, niiden käyttö on tehokasta, hukka-ajat minimoidaan ja hankkeen massansiirrot ja kuljetusmatkat (sisäiset ja ulkoiset) optimoidaan. (Rapol Oy 2019)

Seuraavaksi esitellään eri ratkaisuvaihtoehtoja sille, miten hiilijalanjälkilaskennat voitaisiin sisällyttää väylähankkeiden hankinnan vaatimuksiin.

6.1.1 Elinkaarinäkökulman huomioimistyön ehdotukset

Elinkaarinäkökulman huomioiminen koettiin Susanna Suomelan diplomityössä "Elinkaarinäkökulman huomioiminen infra-alan hankkeiden hankinnassa" haasteelliseksi useasta syystä. Haastattelussa haasteeksi koetut asiat voidaan jakaa käytännössä viiteen aihealueeseen, joihin tehtiin ratkaisuehdotuksia (Suomela 2019):

A) Johtaminen

Hankintaprosesseja tulisi kehittää niin, että koko hankintaketju tähtää elinkaaren huomioimiseen suunnittelusta alkaen. Elinkaarinäkökulma tulisi näkyä vahvemmin jo strategisella tasolla, ja sen tulisi ohjata päätöksentekoa. Myös esimerkiksi hiilidioksidipäästötietojen vaatiminen voisi olla hankintaperusteissa hankintoja tehtäessä, jotta urakoitsijaa voitaisiin kannustaa päästöjen vähentämiseen. Joskus elinkaaritaloudellinen ratkaisu ja ympäristönäkökulma voivat olla ristiriidassa toisiaan vasten, ja silloin pitäisi tietää linjaus, mitä priorisoidaan.

B) Raha ja kustannukset

Kustannuksia ajatellaan usein vain investoinnin kannalta sen sijaan, että pohdittaisiin koko elinkaaren aikaisia kustannuksia. Tällöin monesti päädytään investointikustannuksiltaan edullisempaan, mutta kunnossapitokustannuksiltaan kalliimpaan vaihtoehtoon. Koska koettiin, että elinkaarinäkökulmaltaan parempi ratkaisu on usein investointivaiheessa kalliimpi, uskottiin, että se on vaikeampi saada toteutettua.

Investointikustannuksen lisäystä ei välttämättä pystytä perustelemaan elinkaarietäällisuudella joko siksi, ettei näyttöä elinkaarietäällisuudesta ole tai siksi, että investointirahat tulevat eri lähteestä kuin elinkaarietalouteen myös vaikuttavat kunnossapidon rahat. Kunnossapitopuolella oikeanlaista toimenpidettä ei ehkä pystytä tekemään kustannuksen vuoksi, vaan tehdään edullisempia, mutta ajan mittaan riittämättömiä toimenpiteitä, ja ongelmat saattavat kasaantua. Liikenneverkon rahoitusta 2017–2018 pohtineen parlamentaarisen työryhmän 28.2.2018 ehdottama rahoitusmalliuudistus mahdollistaisi pitkäjänteisemmän rahojen käytön suunnittelun, ja helpottaisi elinkaarinäkökulman huomioimista hankintaprosessissa.

C) Tieto

Elinkaarikustannustieto koettiin spekulatiiviseksi, ja laskentakäytännöt epäyhtenäisiksi. Jälkilaskentaa ei myöskään ole juurikaan tehty, jolloin tiedon luotettavuus koettiin huonoksi. Tiedonkeruu ja tietorekisterit ylipäättään ovat puutteellisia, esimerkiksi rakenteiden kestävyvden, riskien arvioinnin ja analysoinnin kannalta. Päätöksenteon tueksi tarvittaisiin simulointia siitä, millaiset eri suunnitteluratkaisujen vaikutukset esimerkiksi kustannuksiin eri vaiheissa olisivat. Ongelmaksi koettiin erityisesti rakentamisen uudet ratkaisut, joiden käytöstä ei ole kokemusta eikä tietoa ole kertynyt.

Elinkaarilaskenta voitaisiin ottaa mukaan hankintoihin portaittain kolmessa vaiheessa:

- 1) tietoisuuden lisääminen elinkaarikustannuslaskelmilla ja -arvioilla
- 2) elinkaarietaloudellisuuden hyödyntäminen suunnitteluvaiheessa ja
- 3) urakkakilpailutus elinkaarietaloudellisuuteen perustuen.

Ratkaisu tiedon keräämiseen ja siirtymisen helpottamiseen voisi olla elinkaaritietokanta, johon kerättäisiin tietoa tekijöistä, jotka liittyvät elinkaarikustannusten syntyyn ja kerääntymiseen. Elinkaarinäkökulman kannalta olisi myös tärkeää arvioida hiilidioksidipäästöjen syntymistä, ja pyrkiä ottamaan päästölaskenta mukaan hankintaprosessiin.

Voitaisiin kehittää elinkaariarviointityökalu, joka yhdistäisi kustannuslaskennan elinkaaritietokannan tietoon ja suunnitteluun sekä päästölaskentaan. Työkalun pitäisi olla riittävän helppokäyttöinen ja mielellään osa muutenkin tehtävää suunnittelu- ja kustannushallintatyötä, jotta sen käyttö yleistyisi.

D) Osaaminen ja resurssit

Haastattelujen mukaan Väylävirastossa omaisuudenhallinnan osaamisessa ja resursseissa saattaa olla puutteita, vaikka hankintaosaamisen ja ohjeiden katsottiinkin yleisesti olevan laadukkaita. Tällä hetkellä myöskään elinkaarikustannusten- ja vaikutusten selvittämiseen ei koeta olevan riittävästi työ-

kaluja eikä resursseja. Elinkaarinäkökulman huomioimisen tulisi olla mahdollisimman ohjeistettua, sisäänrakennettua, yksinkertaista ja helppoa, jotta siitä tulisi vakiintunut käytäntö.

Erillisen elinkaariasiantuntijan käyttäminen prosessien tukena auttaisi muuta henkilöstöä huomaamaan tilanteet, joissa elinkaarinäkökulmaa tulee erityisesti huomioida, ja estäisi elinkaarinäkökulman huomioimisen kaatumisen resurssipulaan. Elinkaariasiantuntija voisi alkuun toimia tilaajan tukena prosessien luomisessa ja myöhemmin esimerkiksi suurten hankkeiden elinkaarikoordinaattorina.

E) Yhteistyö ja viestintä

Jo suunnitteluvaiheessa tulisi paremmin kuulla toteutuksen ja kunnossapidon näkökulmaa ratkaisuihin, ja eri vaiheiden asiantuntijoiden tulisi olla mukana prosessissa alusta lähtien. Suunnittelijoiden tulisi myös saada entistä paremmin palautetta suunnitteluratkaisuihin. Myös kunnossapidosta vastaavat toimijat tulisi saada mukaan suunnitteluun jo aiemmin, jotta investoinnin kunnossapidon aikaiset vaikutukset voitaisiin huomioida jo ennen hankintaa.

Hankkeessa tulisi kulkea koko ajan mukana tieto siitä, että sen suunnittelussa ja toteutuksessa mennään elinkaarinäkökulma edellä ratkaisuihin, jotta se olisi kaikille selvää ja kannustaisi pohtimaan sitä kaikissa vaiheissa. Varsinaisia elinkaarihankkeita moitittiin nykyisellään liian lyhyistä sopimuskausista, jolloin elinkaariajattelu jää liian lyhyeksi.

Kilpailutusta kehittämällä voidaan saada hankkeen eri osapuolet paremmin mukaan prosessiin ja siten parantaa elinkaaritiedon kertymistä ja tiedonkulkua. Uudet hankintamuodot (kokonaisurakka kKU ja suunnittele ja toteuta -urakka STk), mahdollistavat erityisesti urakoitsijan paremman osallistamisen hankeprosessiin. Nykyisiä kokonaisurakoita voitaisiin kehittää lähemmäs allianssimaailmaa lisäämällä vuorovaikutusta eri osapuolten välillä.

6.1.2 Päälystehankintojen kehittämis ehdotukset

Liikenneviraston vuonna 2018 valmistunut raportti "Ympäristönäkökohtien huomioiminen päälystehankintojen kehittämisessä" (Merenheimo ym. 2018) sisältää seuraavanlaisia kehittämis ehdotuksia.



Kuva 6.1 Päälystystyö Växjössä 2019.

Linköpingin bonusmalli

Linköpingin kaupungin tavoitteena on olla hiilineutraali vuoteen 2025 mennessä. Kaupungin päälystehankinnat tehdään 1–4 vuoden puitesopimuksina. Kaupungin päälystysurakoihin on kytketty kaksiosainen kannustin- ja bonusmalli. Bonusta voi saada sekä urakassa käytettävän kaluston vähäpäästöisyydestä, että itse päälystemateriaalin tuotannossa syntyvien päästöjen vähentämisestä. Bonusmallin lisäksi kaupunki on asettanut hankinnoissa vähimmäisvaatimuksia muun muassa raskaiden ajoneuvojen Euro-luokitukseen, kevyiden ajoneuvojen CO₂-päästötasolle ja iälle.

Perusteena bonusmallin valintaan ohjauskeinoksi on ollut se, että bonusmallilla on mahdollista ohjata urakoitsijoita oikeaan suuntaan, mutta se ei edellytä tilaajalta yhtä hyvää tietämystä teknisestä kehityksestä, kuin vähimmäisvaatimusten asettaminen. Bonusmalli on tosin vähimmäisvaatimusten asettamista hallinnollisesti vaativampi ratkaisu.

Päälystysurakassa käytettävien työkonien ja ajoneuvojen vähähiilisyydestä urakoitsija voi saada hyvitystä käyttötuntia kohti työkonista, joiden EU Stage-luokitus on vähintään IIIB, tai jotka käyttävät 100 % uusiutuvaa polttoainetta tai sähköä, ja raskaista ajoneuvoista, joilla EURO-luokitus on vähintään IV, tai jotka käyttävät 100 % uusiutuvaa polttoainetta tai sähköä. Uusiutuvalla polttoaineella tai sähköllä toimivasta kalustosta myönnetään korkeampi bonus. Työkonien osalta bonukselle on neljä tasoa moottoritehon mukaan, eli suuremmasta kalustosta voi saada enemmän bonusta.

Tieto käytettävän kaluston vähäpäästöisyydestä on ilmoitettava jo tarjousasiakirjoissa. Urakoitsijan on ilmoitettava päivittäinen käytön tuntimäärä työkonetta tai ajoneuvoa kohti ja raportoitava tästä jokaisen urakkakokouksen yhteydessä.

Päällystemateriaalin valmistuksen päästöihin liittyvässä bonusmallin osassa bonusta maksetaan asfaltista, jonka tuotannossa on syntynyt vähemmän hiilidioksidipäästöjä kuin "tavanomaisessa" tuotannossa. Bonusta maksetaan jokaista tavanomaiseen tasoon verrattuna vähennettyä kilogrammaa CO₂-ekvivalenttia kohti. Tavanomaisen asfaltinvalmistuksen päästötaso on määriteltä siten, että asfaltinvalmistusprosessin sekä kivimateriaalin päästöille on määriteltä oletusarvot ja bitumille päästökerroin, joka kerrotaan bitumin osuudella massasta.

Bonuksen maksaminen edellyttää, että urakoitsija todentaa kyseessä olevat laitokset ja massat kolmannen osapuolen sertifioinnilla. Tietyn laskentatyökalun käyttöä ei edellytetä.

Alankomaiden malli

Rijkswaterstaat, Alankomaiden liikenne- ja vesihuoltoministeriö, vastaa keskushallinnon infrahankinnoista. Ministeriö on kehittänyt infrahankinnoille mallin, jossa asetetaan toiminnallisia kriteerejä, joilla ohjataan toimijoita esittämään innovatiivisia ratkaisuja.

Hankintapäätökset tehdään parhaan hinta-laatusuhteen pohjalta, johon ostohinnan lisäksi sisältyy laatukriteereitä: riskinhallintasuunnitelma, hiukkaspäästösuunnitelma ja kestävyys. Urakoitsijoilta edellytetään kahden työkalun käyttöä: CO₂ performance ladder (toimenpiteiden itsearviointi) ja DuboCalc (urakan vaihtoehtoisten ympäristövaikutusten laskenta). Tarjoajille lasketaan pisteet näillä kahdella työkalulla, ja työkaluista saatujen pisteiden perusteella lasketaan hypoteettinen alennus tarjoajien tarjoushintaan. Tarjouskilpailu ratkaistaan näin saatujen teoreettisten hintojen sekä lautapisteiden perusteella.

Tarjousvaiheessa molemmilla työkaluilla ilmoitetut tasot ovat sopimusaikana valittua urakoitsijaa sitovia, ja niiden toteutumista seurataan urakoiden aikana. Jos tasot eivät toteudu, urakoitsija joutuu maksamaan sanktion, joka on puoli-toista kertaa tarjousvaiheen hinnanalennus.

Lyhyen ja pitkän aikavälin toimenpiteet Suomelle

Pilottiprojektin yhteydessä pidettiin vuorovaikutteinen työpaja yhdessä alan toimijoiden kanssa. Työpajassa käsitellyt toimenpiteet olivat tiedonkeruupilotoinnin jatkaminen ja edelleen kehittäminen, yksinkertaisen bonusmallin käyttöönotto ja yksinkertaisen vähimmäisvaatimuksen käyttöönotto. Tyypillinen etenemispolku hankintojen ympäristövaatimusten kehittämisessä on, että ensin jokin tekijä asetetaan bonusperusteeksi, ja muutaman vuoden kuluttua samasta tekijästä tehdään vähimmäisvaatimus, eli vaatimuksia kiristetään pikkuhiljaa niin, että ala ehtii vastata muuttuviin vaatimuksiin.

Tiedonkeruupilotoinnissa saataisiin lisää tietoa ja tiedon todentamiskeinoja siitä, missä tekijöissä urakoitsijoiden välillä muodostuu eroja hiilijalanjälkeen. Toiminnan luonteen takia energian kulutuksessa esiintyy suurta sääolosuhteista, kosteudesta jne. johtuvaa vaihtelua. Tämä vaatisi yhtenäistä tapaa mitata esim., kuinka pitkää ajanjaksoa koskevia keskiarvotietoja kerätään ja ilmoitetaan esim. asfalttiasemien kulutuksista ja päästöistä.

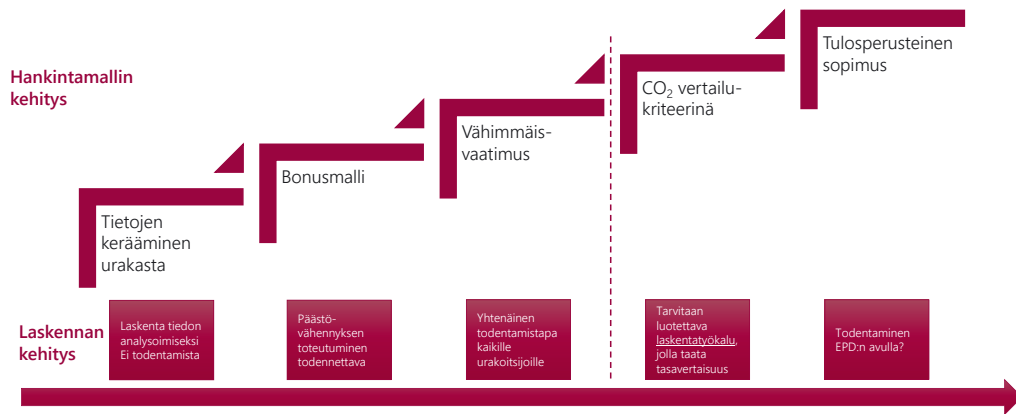
Yksinkertainen vähimmäisvaatimus on mahdollista ottaa käyttöön, mikäli tunnistetaan jokin sellainen käytäntö alalla, joka on niin yleinen, että sitä voidaan jo edellyttää kaikilta. Mahdollinen esimerkki vähimmäisvaatimuksesta voisi olla myös tarjouksen yhteydessä vaadittava urakan ympäristösuunnitelma, jossa tarjoajien on esitettävä suunnitelma siitä, miten CO₂-päästöjä hallitaan urakan aikana.

Ehdotettiin erilaisia tekijöitä, joille voisi asettaa vähimmäisvaatimuksia, kuten polttoainevalintoja asfaltinvalmistuksessa, levityksessä tai kuljetuksessa, joissa vaatimuksia asetettaisiin polttoaineen päästökertoimelle tai uusiutuvien polttoaineiden osuudelle. Myös uusiutuvalla energialla tuotetun sähkön hyödyntämistä ehdotettiin mahdolliseksi vähimmäisvaatimukseksi. Urakan ympäristösuunnitelma voisi myös olla vaatimus, kunhan sen raameista sovitaan. Työntekijöiden ympäristöosaamisen taso voitaisiin todentaa koulutus-todistuksella.

Yksinkertainen bonusmalli nostettiin esille, mutta Suomessa ei hiilijalanjäljen laskentatyökalujen kehittäminen ole tässä vaiheessa riittävän pitkällä. Sen sijaan bonusperusteeksi olisi mahdollista ottaa jokin sellainen yksittäinen tekijä asfaltinvalmistusprosessissa, joka ei ole alalla vielä niin yleinen, vaan kannustaisi alaa kehittymään. Kannusteen toimivuuden kannalta on tärkeää, että mahdolliset esteet vähähiilisyyden edistämiseksi samalla poistetaan, kuten esimerkiksi kiellot kiviaineksen vaihtamiselle tai kierrättämiselle. Bonusmallia voisi kohdentaa esimerkiksi uusiutuvien käyttövoimien käyttöön-ottoon.

Tavoiteltava piirre kehitettävälle hankintamallille on, että se ohjaa urakoitsijoita oikeaan suuntaan, mutta mahdollistaa sen, että urakoitsijat voivat itse valita, millä toimenpiteillä päästövähennyksiä tai muiden ympäristövaikutusten pienentämistä tavoitellaan. Näin varmistetaan, että päästöjen vähentäminen tapahtuu mahdollisimman kustannustehokkaalla tavalla. Hankintamalli, joka tähän ohjaa, vaatii kuitenkin hyvin kehittyneen laskentamallin, joka mahdollistaa paitsi päästötason luotettavan todentamisen, myös urakoitsijalle mahdollisten päästövähennystoimien tunnistamisen ja vertailun. Kehitettävän laskentamallin olisi siis hyvä olla sellainen, joka mahdollistaa muidenkin ympäristövaikutusten laskennan kasvihuonekaasupäästöjen ja energiankulutuksen lisäksi.

Seuraavassa kuvassa ja taulukossa 6.1 esitetään ehdotus siitä, millä aikavälillä edellä kuvatut toimenpide-ehdotukset voitaisiin ottaa Suomessa käytäntöön. Kun on valittu tiettyjä bonusperusteita tai vähimmäisvaatimuksia, joiden käyttöönottoa aletaan tarkemmin valmistella, seuraava toimenpide on markkinavuoropuhelun toteuttaminen mahdollisten tarjoajien kanssa.



Kuva 6.2 Kestävien päällystehankintojen kehittämisehdotus pidemmällä aikavälillä. (Merenheimo ym. 2018)

Taulukko 6.1 Ehdotus hankintamallien ja laskennan kehittämisestä vuoteen 2030 mennessä. (Merenheimo ym. 2018)

2019	<ul style="list-style-type: none"> CO₂-tietojen kerääminen osasta urakoista keskittyen suurimpiin päästölähteisiin. Laskenta esimerkiksi EKA-työkalulla – määriteltävä, mihin tuloksia käytetään. Päivitetään tai kehitetään yhdessä työkalu Suomen päällystealalle. Ala määrittelee yhdessä oletukset yksinkertaistettuun laskentaan.
2020	<ul style="list-style-type: none"> CO₂-tietojen kerääminen kaikista urakoista. Termien ja määritelmien selkeytys, esimerkiksi miltä aikaväliltä kulutustiedot ilmoitetaan. Kulutus- tai päästötietojen digitaalinen seuranta käyttöön. Otetaan käyttöön jokin vähimmäisvaatimus. Esimerkiksi ympäristösuunnitelman vaatiminen osana tarjousta tai matalalämpöasfaltti vähimmäisvaatimukseksi esim. 50 % kohteissa. Urakka-asiakirjoista hankaloittavat vaatimukset pois, esim. kierrätysmateriaalin hyödyntämisen kiellot.
2021	<ul style="list-style-type: none"> Otetaan käyttöön yksinkertainen bonusperuste, esimerkiksi henkilöstön koulutusvaatimus. Huomioidaan koko elinkaaren päästöt. Kehitetään myös muiden ympäristövaikutusten kuin CO₂-päästöjen huomioimista.
2022-2024	<ul style="list-style-type: none"> Kehitetään ja vakiinnutetaan edellisiä keinoja edelleen.
2025	<ul style="list-style-type: none"> Otetaan käyttöön bonusmalli, jossa bonusperusteena urakan elinkaaren päästöt, hiilijalanjälki/kestoikä. TAI otetaan käyttöön CO₂-päästöjen käyttö vertailukriteerinä Todentaminen EPD:n avulla? (EPD ei ole ainoa tapa todentaa)
2030 tai myöhemmin	<ul style="list-style-type: none"> Tulosperusteinen sopimus?

Kaluston päästöluokitukset voisivatkin ainakin toistaiseksi paremmin soveltua bonusperusteeksi kuin vähimmäisvaatimukseksi.

6.1.3 Päästölaskennan kehityshanke

"Päästölaskennan kehityshanke" -raportti (Rapal Oy 2019) toteaa, että päästökertoimien ylläpitäminen on työlästä. Päästökertoimien laskentaperusteet sisältävät lukuisan määrän oletuksia, joiden jäljitettävyyden pitkäjänteisessä ylläpitotyössä on haastavaa. Päästökertoimen määrittäminen vaatii yksittäisestä panoksesta tai resurssista usein hyvin tarkkaa tietoa.

Tietokannan ylläpitoa varten tulisi olla esimerkiksi sovelluspohjainen sovellus. Excelissä versioidenhallinta ja panosten päästökertoimien perusteiden jäljitettävyyden ovat hankalia. Tietokannan käyttämistä varten sille tulisi rakentaa laskenta- ja raportointityökalu. Ilman raportointityökalua laskentojen koonti ja tulosten esittäminen ovat työläitä.

Päästölaskennalle tarjottiin seuraavia kehitysideoita:

- Päästötietokannan ylläpidon haasteet tulee ratkaista. Kuka ylläpitää päästötietokantaa, missä tietokanta sijaitsee, kuka saa muokata tietoa? Millaisella prosessilla varmistetaan, ettei päästötieto vanhene, ja että päästötieto on yksittäisen panoksen osalta relevanttia ja standardin mukaista?
- Laskentamenetelmän käyttöönoton prosessi tulee määritellä. Missä vaiheessa päästölaskenta otetaan mukaan hankkeeseen? Kuka laskennan suorittaa? Miten tuotetaan keskenään vertailukelpoista tietoa? Miten laskentaa hyödynnetään hankinnassa? Voidaanko hankintavaiheessa urakoitsijalta edellyttää kestävän kehityksen mukaisia tunnuslukuja, ja miten vaadittavien tunnuslukujen luotettavuus ja vertailtavuus taataan?
- Laskentamenetelmän sujuvuuden haasteet tulee ratkaista. Panostietokannan käyttöön tulisi olla olemassa käyttöliittymä, jossa päästöt voisi laskea nopeasti ja luotettavasti, ja josta tiedot voi raportoida päätöksentekoa tukevalla tavalla. Käyttöliittymän määrittely tulee aloittaa.

6.1.4 Omat lisäysehdotukset ja keinojen koonti

Hiilijalanjälkitavoitteet on syytä integroida hankinnan toimintalinjoihin, joita päivitetään parhaillaan. Ilmastomuutoksen torjunnan vaatimukset ja kaikki hiilijalanjäljen laskentatyökalut (menetelmät, kertoimet ym.) olisi vietävä hankintapuolen prosesseihin sisään, ts. että läpi kaikkien suunnitelmatasojen pitäisi konsultin ja urakoitsijan tehdä kohteen koko elinkaaren osalta päästöjen arviointi.

On ohjeistettava, miten hiilijalanjäljen laskenta otetaan mukaan koko elinkaarelle, esim. seuraavasti:

- Esisuunnitelmavaiheessa tämä voisi ilmetä neliporrasmallin seuraamisena, eli tutkitaan riittävästi niitä ratkaisuvaihtoehtoja, joihin ei sisälly uutta väylähanketta.
- Yleissuunnitelmissa sekä tie- tai ratasuunnitelmissa hiilijalanjälkitarkastelun on sisällytettävä linjausvaihtoehtovertailuihin, jolloin lisää eroja vaihtoehtojen välille syntyy paitsi väyläpituudesta, myös esim. pohjanvahvistusmenetelmistä (stabilointi on päästöintensiivistä) tai mäkisyydestä (liikenne mäkisessä maastossa lyhyellä linjauksella voi aiheuttaa enemmän päästöjä kuin tasaisemmassa maastossa pitemmällä linjauksella).

- Rakennussuunnitelma- ja rakentamisvaiheessa, kuten myös kunnossapitovaiheessa, hiilijalanjälkitarkastelua tulisi käyttää vähentämään työkaluiden päästöjä ja parantamaan maarakennusprosessien energia- tehokkuutta.

Ennen hankinnan toimintalinjojen päivitystä tulisi lukuisat eri laskentamenetelmät ja -työkalut, mahdollisesti ulkomaisetkin, pilotoida ja määrittää eri menetelmien ja standardien sopivuus eri tilanteisiin. Laskentatyökalujen välistä vertailua on käsitelty luvussa 6.5. Suositellaan työkalujen edelleen testaamista uusissa koekohteissa eroja aiheuttavat seikat huomioiden, jotta saadaan riittävästi tietoa siitä, missä tilanteissa kannattaa käyttää mitään laskentatyökalua.

Jotta eri infrahankkeiden päästölaskelmat saataisiin vertailukelpoisiksi, laskentojen suorittamiseen tulisi luoda yhteiset materiaali- ja työvaihekohtaiset pelisäännöt. Käytännössä tämä edellyttäisi yhteistä materiaali-kohtaista tietopankkia esim. laskennoista käytettävistä päästökertoimista sekä laskennassa huomioitavien työvaiheiden kuvauksia InfraRYL-litteroiden mukaisesti. (HKR 2017)

Olisi myös eduksi, jos uudet pohjoismaiset ohjeistukset olisivat mahdollisimman yhteneviä, minkä takia myös NordLCA:n mahdollisesti syntyvä ohjeistus tulee ottaa huomioon.

Myös käytettävän päästökerrointaulukon päivitys ja sen ylläpitäjä tulisi määritellä, kuten luvussa 6.1.2 mainittiin. Nykyisen päästötietokannan ovat koonneet Rapal Oy ja VTT, Liikenneviraston tilauksesta. Tietokantaa, jossa on nykyään noin 550 panoslajia, täydennettiin keväällä 2019 Väylän ja kuntien yhteisprojektin tuloksena. VTT tai Väyläviraston ympäristö- ja kiinteistöyksikkö olisivat jatkossa luontevimmat päivityksestä vastuutettavat tahot.

Päästöarvojen liittämisestä tuotekuvauksiin ei ole olemassa käytäntöjä, mutta periaatteessa ne voisivat tulevaisuudessa kuulua tuotteistusvaatimuksiin, joiden mukaan tuotteen tai materiaalin valmistaja määrittelee ja kuvaa tuotteen ominaisuudet ja vastaa siitä, että tiedot pitävät paikkansa. Tuotteen ominaisuuksien perusteella tuote voidaan vertailla rinnakkaistuotteisiin ja standardeihin sekä hyväksyä käytettäväksi erilaisiin tarkoituksiin. Urakoitsijat voisivat tarvittaessa tarjota uusia tuotteita tietokantaan lisättäviksi.

Yllä mainitut aikaisempien raporttien ja omat ehdotukset koottuina ja tiivistettyinä:

- Hiilijalanjäljen vähentämisvaatimuksen on oltava mukana hankinnan vaatimuksissa kaikissa suunnitteluvaiheissa ohjeistettuna kullekin vaiheelle erikseen. (Tarkemmin tässä luvussa ylempänä.)
- Hiilijalanjälki on laskettava hankkeen koko elinkaarelle, ei pelkästään rakentamisvaiheelle. (Tarkemmin luvussa 6.1.1, kohdat A-B)
- Itse hankinnoissa on ratkaistava, käytettäisiinkö palveluntuottajille vaatimus- vai bonusmenetelmää hiilijalanjälkilaskennalle ja muille ilmastovaikutuksia vähentäville toimille. (Tarkemmin luvussa 6.1.2)
- On perustettava elinkaaritietokanta ja kehitettävä elinkaariarviointityökalu, joka yhdistäisi kustannuslaskennan elinkaaritietokannan tietoon ja suunnitteluun sekä päästölaskentaan. (Tarkemmin luvussa 6.1.1, kohta C)

- Lukuisat eri laskentamenetelmät ja -työkalut, kenties myös ulkomaiset, tulisi pilotoida ja määrittää niiden sopivuus eri tilanteisiin. (Tarkemmin tässä luvussa ylempänä.)
- Laskentojen suorittamiseen tulisi luoda yhteiset materiaali- ja työvaihekohtaiset pelisäännöt, käyttäen yhteistä päästökerrointietopankkia ja yhteisiä työvaiheiden kuvauksia InfraRYL-litteroiden mukaisesti. (Tarkemmin tässä luvussa ylempänä.)
- Päästötietokannan ylläpidosta on sovittava ja päästöarvojen syöttämistä tuotteistuskuvauksiin on edistettävä. (Tarkemmin luvussa 6.1.2 ja tässä luvussa ylempänä.)
- Laskentamenetelmän käyttöönoton prosessi tulee määritellä ja laskennan sujuvuusongelmat ratkaistava. (Tarkemmin luvussa 6.1.2)
- Erillisten elinkaariasiantuntijoiden (ks. luku 6.1.1, kohta D) palkkaaminen on suositeltavaa.
- Eri vaiheiden asiantuntijoiden tulisi olla mukana prosessissa alusta lähtien ja loppuun asti. Kunnossapidon asiantuntijoita on kuultava jo suunnittelussa. Suunnittelijoiden on saatava palautetta ratkaisuihinsa. (Tarkemmin luvussa 6.1.1, kohta E)
- Tiedonkeruupilotointia on jatkettava. (Tarkemmin luvussa 6.1.2)

6.2 BIM-tietomallisuunnittelun mahdollisuudet

BIM-tietomallinnuksesta (Building Information Modeling) olisi runsaasti apua hiilijalanjäljen laskennassa ja vähentämisessä. Laskenta tarkentuisi, tieto siirtyisi varmemmin suunnitteluvaiheesta toiseen ja koko väyläinfra olisi standardisoidummin määritelty. Jos tieto on loogisesti mallinnettu, voidaan aina tulostaa kulloinkin kiinnostava tieto. Nykyisin isoihin ja keskikokoisiin hankkeisiin riittää BIMiin perehtyneitä konsultteja, ja pienimmillään konsultti-toimistoilla alkaa olla BIM-asiantuntijoita. Väylävirasto on sitoutunut jo vuosia sitten BIM-tietomallinnukseen, ja nyt olisi kypsä aika siirtyä kannustamisesta systemaattiseen vaatimiseen. (Savolainen 2019)

Pisara-radan hiilijalanjäljen laskenta (ks. luku 4.4) oli 6D-pilottikohde, jossa ulottuvuuksina 4–6 olivat kustannukset, aikataulut ja hiilijalanjälki. 6D-mallit voisivat tukea hankkeille ympäristönäkökulmista tehtyä päätöksentekoa. Esimerkiksi suunnitteluvaiheessa luotava ympäristövaikutustieto syntyy liian myöhään, koska tällöin on jo valittu esimerkiksi liikennemuoto. Tämä voitaisiin välttää luomalla laskentamalleja, joilla voitaisiin vertailla erilaisia liikennemuotoja ja suunnitelmaratkaisuja sekä niiden ympäristövaikutuksia suhteessa liikennesuoritteisiin. (Herva ym. 2015)

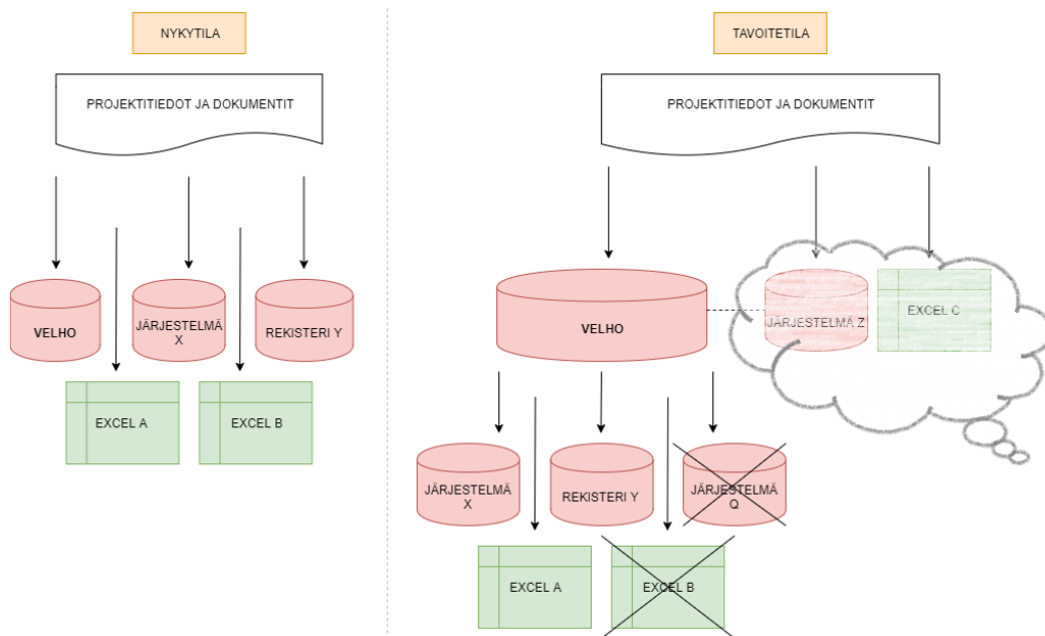
Elinkaaritarkastelun liittäminen BIM-tietomalliin on testattu Fore-työkaluilla. Avoimesta tietomalliaineistosta (mm Inframodel) rakennusosien määrät saa selville, mutta niiden systemaattinen merkintä- ja hyödyntämistapa projekteissa puuttuu. Lisäksi standardinimikkeistöä ja vakiomuotoisia tiedonsiirtomalleja on kehitettävä edelleen. BIM: n yhdistäminen ja tienrakentamisen määrien ja kustannusten laskeminen on juuri nyt kehitteillä pilottitutkimuksen kautta. BIM: n ja elinkaaritarkastelun yhdistäminen mahdollistunee tiedonsiirtostandardien (IFC, LandXML, InfraModel3) edelleen kehittämisen jälkeen. (NordLCA 2017)

Velho-allianssin, jonka muodostavat Väylä, Ramboll, Sitowise ja Solita, tarkoitus on projektissaan (2017–2020) luoda hankkeisiin liittyvälle sähköiselle aineistolle tietovarasto, jonne niitä voi tallentaa, hyödyntää ja jatkojalostaa.

Visiona on että väylien elinkaaren aikaiset tiedot ovat koottu yhteen ja kaikkien käytettävissä mahdollisimman reaaliaikaisesti. Tarkoituksena on uusia tiestötietojen hallintajärjestelmä eli korvata ja modernisoida Tierekisteri ja siihen liittyvät palvelut ja mahdollistaa rajapinnoilla liittyminen sekä Väylän että muiden sidosryhmien järjestelmiin. Kaikilla kolmella Väylän hallinnoimilla liikenneväylämuodoilla (tie, rata, vesi) tavoitteena on saada hankkeiden aineistot keskitetysti hallintaan ja kaikkien toimijoiden saataville sekä mahdollistaa laajalti BIM-mallien katselu. (Liukas 2019, Kalliolaakso 2019)

Yllä mainitut ehdotukset ovat tiivistettyinä:

- BIM-tietomallinnus kannattaisi tehdä väyläsuunnitteluhankkeissa pakolliseksi niin laajalti kuin se asiantuntijoiden saatavuuden kannalta on mahdollista.
- Tarvitaan 6D-laskentamalleja, joilla voitaisiin vertailla erilaisia liikenne-
muotoja ja suunnitelmaratkaisuja sekä niiden ympäristövaikutuksia suhteessa liikennesuoritteisiin.
- Elinkaaritarkastelun liittäminen BIM-tietomalliin on mahdollistettava, kehitysehdotus BIM-standardien kehittäjille.
- Velho-allianssin on kehitettävä hankkeiden aineistolle tietovarasto ja muut suunnittelemansa järjestelmät myös BIM-mallien katselun suhteen.



Kuva 6.3 Velho-tietovaraston etu muihin tietokantajärjestelmiin verrattuna. (Kalliolaakso 2019)

6.3 Materiaalin uusiokäytön tehostaminen

Resurssitehokkuutta ajatellen väylänpidon hankkeissa tulisi käyttää aktiivisesti kierrätysmateriaaleja, ja materiaalihukka tulisi minimoida. Kierrätettäviä väylä-hankkeiden materiaaleja ovat esim. betonijätteet, asfalttirouhe ja asfalttimurske, kevytsora, tiilimurske, EPS-solumuovi sekä rakenteesta poistetut uusiomateriaalit. (Rapal Oy 2019, Sikiö 2019)

Kehä I:n ja Kivikontien eritasoliittymän rakentamisessa (2016–2017) hankkeen hiilipäästöjä kevensivät sekä betonimurskeen käyttämistä uusiokiviaineksen sijasta ja tämän betonimurskeen karbonatisaatio että hankkeen purkamisen jälkeinen materiaalien, etenkin teräksen, hyödyntäminen kierrätysmateriaalina. Tämän prosessin hiilijalanjälkeä mitattiin useilla eri menetelmillä (ks. luvut 4.5 ja 4.6). Lopputulos oli, että karbonatisaatio ja uusiokäyttö alensivat hankkeen hiilijalanjälkeä 13,1 hiilidioksidiekvivalenttitonnista 10,5 tonniin eli 2,6 t CO₂e verran, mikä tarkoitti 20 %:a CO₂e:n bruttomäärästä. (Pasanen ym. 2017)

Kivikontien liittymän hankkeessa käytetyllä kierrätysbetonimurskeella on sekä alhaisemmat päästöt materiaalina valmistusvaiheessa, ja keveyden ja ohuehman rakennekerroksen johdosta sen kuljetuspäästö on kevyempi. Näiden lisäksi materiaali karbonatisoituu, eli siihen sitoutuu hiilidioksidia, kun murske pääsee reagoimaan ilman kanssa rakentamisen aikana läjissä, sekä myös osana rakennekerroksia. Betonimurskeen lisääntyvä käyttö saattaisi siis olla ilmastönäkökohdista kannatettavaa. (Pasanen ym. 2017)

Lisäksi hankkeesta sen elinkaaren päättyessä uusiokäyttöön saatavat materiaalit, etenkin metallituotteet, ovat omalta osaltaan neitseellistä materiaalia vähäpäästöisempiä. Teknisesti on syytä olettaa, että pääosa metalleista on taloudellisesti hyödynnettävissä ja irrotettavissa kierrätyskäyttöön hankkeen käytön lakattua. (Pasanen ym. 2017)

Asfalttirouheen uusiokäyttäminen on myös kehittymässä. Skanska on Ruotsissa lanseerannut uuden asfalttituotteen, jossa kierrätysmateriaalin osuus on perinteistä korkeampi (65–80 %) ja joka on tuotettu uusiutuvalla energialla. Päällyste soveltuu vähäliikenteisille teille, joilla vuoden keskimääräinen päivittäinen liikennemäärä on alle 2000 ajoneuvoa. Tuotteen hiilidioksidipäästöt ovat Skanskan mukaan 75 % matalammat kuin perinteisen, fossiilisilla polttoaineilla tuotetun asfaltin. Seminaarissa esiteltiin myös erilaisia uusiutuvien polttoaineiden vaihtoehtoja ja keskusteltiin niiden potentiaalista keinona hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen. (Merenheimo ym. 2018)

Kierrätysmateriaalien käyttö saattaa kuitenkin toisaalta joskus nostaa hankkeen hiilidioksidipäästöjä, jos kierrätysmateriaalin jatkojalostuksessa syntyy paljon päästöjä verrattuna uusiomateriaalin käyttöön. Myös jätevero voi johtaa erittäin pitkiin kuljetuksiin ja lisätä siten ympäristövaikutuksia, ja tämän vuoksi jäteveroa olisi mahdollisesti hyvä sopeuttaa paremmin uusiokäytön tapauksiin. Resurssitehokkuutta tulisi näistä syistä arvioida nämä ristiriidat huomioiden, tai esimerkiksi koko organisaation kaikkien hankkeiden tasolla eikä yksittäisen hankkeen osalta. (Rapal Oy 2019)

Monenlaisia lisäaineita ja kiertotalouden jätteitä tarjotaan nykyään päällysteisiin. Väylävirastossa painotetaan, että ne eivät saa haitata em. päällysteiden uusiokäyttöä, joka tuo paljon merkittävämmän ympäristö- ja kustannussäästön kuin jonkin muun teollisuuden jätteen hyödyntäminen päällysteissä. Mikäli osoitetaan että nämä materiaalit eivät vaikuta haitallisesti päällysteen elinkaareen, voidaan niitä käyttää. Materiaaleja on parhaillaan kokeiltavana koe-teillä 9 kohteessa, ja näiden vaikutusta REMIX-päällysteen ominaisuuksiin tulee vielä tutkia. (Knuuti 2019)

Yllä mainitut ehdotukset ovat tiivistettyinä:

- asfaltin, betonin ja muiden väylärakennusmateriaalien uusiokäyttöä on kehitettävä
- kierrätysmateriaalien käyttöön tulisi urakoissa rohkaista resurssitehokkuuden nimissä, kuitenkin huomioiden jatkojalostuksen tai kuljetusten mahdollisesti suuremmat päästöt
- lainsäädäntöä on kehitettävä jäteveron suhteen huomioimalla uusiokäyttö.

6.4 Puhtaammat polttoaineet ja tehokkaammat työmaajärjestelyt

Väylänpidon työmailla tulee pyrkiä puhtaampaan materiaalinvalmistukseen ja työkoneiden polttoaineeseen sekä tehokkaisiin kuljetuksiin ja tehokkaaseen materiaalin varastointiin. Hankkeissa tulisi valita valmistukseltaan vähäpäästöisiä ja paikallisia materiaaleja sekä käyttää uusiutuvia tai muuten vähähiilisiä polttoaineita.

PEAB oli elinkaarilaskennan avulla tunnistanut asfalttiaseman polttoaineen merkittävimmäksi hiilidioksidipäästöihin vaikuttavaksi tekijäksi, ja vaihtanut raskaan polttoöljyn biopohjaiseen öljyyn ECO-Asfalt-tuotteessaan. Tällä tavoin yritys on saanut merkittävästi vähennettyä asfaltinvalmistuksensa hiilidioksidipäästöjä. (Merenheimo ym. 2018)

Neste Oy on kehittänyt MY-dieselin, uusiutuvaa dieseliä (HVO), jota käytetään raskaassa kuljetuskalustossa. Suomessa se valmistetaan yksinomaan jätteistä ja teollisuuden prosesseissa syntyvistä tähteistä. Osana kotimaista tuotantoa Neste käyttää kaiken Suomessa saatavilla olevan eläinrasvajätteen. Se palaa moottorissa puhtaasti, mikä tarkoittaa kevyempiä lähipäästöjä. MY-dieselillä on todettu olevan jopa 90 % pienemmät kasvihuonekaasupäästöt kuin tavanomaisella dieselillä. (Hyvärinen 2019, Nesteen www-sivut)

Polttoaineen lisäksi ekotehokkuuteen vaikuttaa merkittävästi myös kuljetusetäisyydet. Kun MELlää testattiin teiden suunnittelutoimeksiannoissa vuosina 2003–2005, testien tulokset totesivat, että kiviainesten kuljetusetäisyys oli ratkaisevin tekijä tarjouksissa. Kiviainesten lyhyin kuljetusetäisyys johti vähäisimpiin haitallisiin ympäristövaikutuksiin ja myös alhaisimpiin kustannuksiin ja siten alimpaan tarjoushintaan. (NordLCA 2017)

Ekotehokas materiaalien käyttö edellyttäisi, että jätteen määrä vähenee ja että sekä uusiutuvia että uusiutumattomia luonnonvaroja käytetään säästävästi. Jätteen määrän ja sivutuotteiden käytön raportointi väylänpidossa tulisi saada toimivaksi vuoteen 2020 mennessä. Liikenneviraston ympäristöohjelmassa

2017–2020 korostetaan, että se tulee saada toimivaksi myös radanpidon ja vesiväyläpidon osalta. (Liikennevirasto 2017)

On tosin monia asioita, joihin urakassa voi olla vaikea vaikuttaa suunnitelmallisesti ennakolta. Esimerkiksi kiviaineksen saatavuus ja lähteiden luonne voi vaihdella. Joskus voi tulla eteen tilanne, jossa kiireen vuoksi joudutaan käyttämään ylivuotisesti varastoitua kiviainesta, johon on pitkän säilytysajan vuoksi sitoutunut paljon kosteutta. Tällöin kiviaineksen kosteus lisää asfalttiaseman energiankulutusta suunnitellusta. (Merenheimo ym. 2018)

Lisäksi, vaikka miten ympäristömyötäistä kuljetuskapasiteettia suunnittelisi käyttävänsä, niin urakoissa nykyisin monesti on otettava se kalusto, jota ylipäättään on tarjolla kyseisenä hetkenä. Monilla paikoilla kiviaineksen murskaukselle ei saada lupia kesäkaudelle, vaan murskaus tulisi tehdä aiemmin, jolloin voidaan joutua tilanteeseen, jossa käytetään ylivuotisesti varastoituja aineksia. (Merenheimo ym. 2018)

Yllä mainitut ehdotukset ovat tiivistettyinä:

- vähäpäästöinen asfaltinvalmistuksen suosiminen
- uusiutuvien ja vähäpäästöisten työkonepolttoaineiden käyttö
- kiviaineksen lyhyet kuljetusetäisyydet
- materiaalien kulutuksen seurannan ja tilastoinnin kehittäminen
- epäsuotuisten käänteiden huomioiminen urakkaehdoissa.

6.5 Kokemukset eri laskentamenetelmistä

Yleistä eroa laskentatyökalujen välille saavat aikaan:

- Työkalun käyttöön liittyvät yleisasiat:
 - työkalun käytön helppous
 - työkalun ohjelmistoalusta (Excel- vai nettipohjaisuus)
- Työkalun soveltuvuus eri suunnittelutilanteisiin:
 - työkalun sopivuus elinkaaren eri vaiheisiin
 - minkä liikennemuodon väylä kyseessä
 - sopiiko työkalu infrahankkeisiin vai lähinnä talohankkeisiin
 - sopiiko työkalu kaikenlaisille rakentamistöille vai vain tietyille
 - soveltuuko työkalu vaihtoehtojen väliselle vertailulle
 - soveltuuko työkalu InfraRYL-ohjeistukseen
- Työkalun lähtötietoihin ja dataan liittyvät asiat:
 - työkalun integroitavuus BIM-suunnitteluun
 - mahdollisuus syöttää lähtötietoihin esim. Excel- ja IFC-dataa
 - yksityiskohtaisen materiaali- ja energiamäärätiedon saatavuus
 - halutaanko valita oletusarvoja vai erityisiä itse syötettäviä arvoja
 - materiaalikuljetusten huomioon ottaminen.

Vaikka laskentatyökalut soveltuisivatkin samanlaisiin hankeolosuhteisiin, niillä tehdyt laskennat voivat saada aikaan varsin erilaisia tuloksia. Suomalaisten laskentatyökalujen (ks. luku 5.1) tulosten eroavaisuuksia tutkittiin julkaisussa ”Kivikon eritasoliittymän katuhanke – Päästölaskenta ja laskentamenetelmien arviointi” (HKR 2017), jossa vertailtiin FOREn, MELIn ja OneClickLCA:n antamia tuloksia. Kyseinen katuhanke koski Kivikonlaita-nimisen kadun rakentamista ja oli osa luvuissa 4.5 ja 4.6 mainittua Kehä I:n ja Kivikontien eritasoliittymää. Katuhankkeen kustannus- ja määrälaskentaa muokattiin siten, että se edustaisi omaa kokonaisuuttaan. (HKR 2017)

Laskenta suoritettiin sekä suunnitellulle että toteutuneelle rakentamistyölle. Laskentatuloksissa suurimmat tai suhteellisesti suurimmat erot ilmenivät varsinkin pilaristabiloinnin, rakenteen salaojien, lopputäytön (suunnitellun työn), kantavan kerroksen (toteutuneen työn) ja noppakivien kohdalla. Erojen syiksi arvioitiin yleisesti mm. seuraavaa (HKR 2017):

- eri laskennat sisältävät eri työsuorituksia.
- laskennoilla on erilaiset oletukset eri työsuoritusten päästökertoimista.
- materiaaleille (esim. asfaltti) oletetaan sitä muodostaville raaka-aineille erilaisia osuuksia.
- eroja ilmenee eri kuljetusajoneuvojen ja työkoneiden päästöarvoissa
- eri ohjelmat huomioivat eri tavalla materiaalien pitkät laivakuljetukset ulkomailta.
- kotimaan tiekuljetuksissa voivat aiheuttaa eroja oletukset, missä suhteessa ajomatka sisältää kaupunki- ja maantieajoa.

Lähdeluettelo

(Kun lähteenä on www-sivut, kyseessä on niiden 30.8.2019 todettu sisältö.)

Aulakoski ym. 2014: Anna Aulakoski, Pekka Montin, Petri Lydman & Kalle Häyrynen, Panospohjaisen CO₂-laskennan pilotointi väylähankkeessa, Kehä I:n liittymän parantaminen Kivikontien eritasoliittymän kohdalla, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 18/2014.

https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2014-18_panos pohjaisen_co2-laskennan_web.pdf

Hagström ym. 2011: Markku Hagström, Julia Illman, Aki Pesola, Juha Vanhanen & Ylva Gilbert, Tien- ja radanpidon hiilijalanjälki, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 38/2011.

https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2014-18_panos pohjaisen_co2-laskennan_web.pdf

Herva ym. 2015: Maila Herva, Jaakko Jauhiainen & Kirsi Lilja, CO₂-päästö- ja kustannusohjaus mallipohjaisesti, Case Pisararata, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 47/2015

https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2015-47_co2_paasto_web.pdf

HKR 2017: Kivikon eritasoliittymän katuhanke – Päästölaskenta ja laskentamenetelmien arviointi, Helsingin kaupungin rakennusvirasto (HKR) 24.3.2017

Hyvärinen 2019: Marketta Hyvärisen haastattelu 5.7.2019, Väylävirasto

Illman ym. 2012: Julia Illman, Anna Kumpulainen, Aki Pesola & Juha Vanhanen, Merenkulun ja liikenteen hiilijalanjälki, Osa 1: Merenkulun hiilijalanjälki, Osa 2: Tie-, rata- ja meriliikenteen hiilijalanjäljet, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 21/2012

https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2015-47_co2_paasto_web.pdf

Kalliolaakso 2019: Jaana Kalliolaakso 6.6.2019, Velho - toteutusprojektien näkökulmaa, Väylävirasto, esitys

Knuuti 2019: LCA-päästö-uusiomateriaali-T&K-projekteja, Excel-taulukko, Soile Knuuti 11.2.2019, Väylävirasto

Korkiala-Tanttu ym. 2005: Korkiala-Tanttu, L., Törnqvist, J., Eskola, P., Pienimäki, M., Spoof, H. & Mroueh, U-M, Elinkaaritarkastelut tienpidon hankintoihin, Tiehallinnon selvityksiä 13/2005

<https://julkaisut.vayla.fi/pdf/3200925-velinkaaritarkasthank.pdf>

Liikennevirasto 2013: Hiilidioksidipäästöjen huomioiminen Liikenneviraston käytännön työssä, Hankeraportti, Liikennevirasto 2013

https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lr_2013_hiilidioksidipaastojen_huomioiminen_web.pdf

Liikennevirasto 2014: Liikenneviraston ympäristötoimintalinja, Liikenneviraston toimintalinjoja 1/2014

https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lto_2014-01_liikenneviraston_ymparistotoimintalinja_web.pdf

Liikennevirasto 2016: Kestävämpää liikennettä ja väylänpitoa – Katse kasvi-huonekaasupäästöjen vähentämisessä, Liikennevirasto 2016

https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lr_2016_kestavampaa_liikennetta_web.pdf

Liikennevirasto 2017: Liikenneviraston ympäristöohjelma 2017–2020, Liikenneviraston toimintalinjoja 2/2017

https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lto_2017-02_liikenneviraston_ymparistoohjelma_web.pdf

Liukas 2019: Juha Liukas 12.3.2019, Velho-allianssi, Väylävirasto, esitys

Merenheimo ym. 2018: Tiia Merenheimo, Henrik Österlund & Isa-Maria Bergman, Ympäristönäkökohtien huomioiminen päällystehankintojen kehittämisessä, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 61/2018

https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2018-61_ymparistonakokohtien_huomioiminen_web.pdf

Motivan www-sivut: Motiva Oy:n www-sivut, Energiasanasto,

https://www.motiva.fi/ajankohtaista/energiasanasto_ja_-_yksikot/energiasanasto

Mäenpää 2018: Ratasuunnittelun ohjeet, Heidi Mäenpään esitys 1.2.2018, Liikennevirasto

Männistö 2019: Vesa Männistön haastattelu 23.8.2019

Nesteen www-sivut: Neste Oyj:n www-sivut, <https://www.neste.fi/artikkeli/neste-my-uusiutuva-diesel-tm-sinun-panoksesi-ilmastotalkoisiin>

NordLCA 2017: NordLCA, State of the art of LCA tools and methods for infrastructure, for Finland, Sweden and Norway, 16.10.2017

Pasanen ym. 2017: Panu Pasanen & Noora Miilumäki, Infrahankkeiden EN-standarddeja noudattava hiilijalanjälki- ja elinkaariarviointi, Hankkeiden hiilijalanjäljen ohjaus- ja optimointimahdollisuudet suunnittelu- ja rakennuttamistoiminnassa, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 20/2017

https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2017-20_infrahankkeiden_en-standarddeja_web.pdf

Rapal Oy 2019: Päästölaskennan kehityshanke, Rapal Oy, 29.3.2019

Savolainen 2019: Tarmo Savolaisen haastattelu 5.7.2019, Väylävirasto

Sikiö 2019: Uusiomateriaalien käyttö väylärakentamisessa ohjeen lausuntoversion esittely, Marja-Terttu Sikiön esitys 28.3.2019, Destia Oy

Suomela 2019: Susanna Suomela, Elinkaarinäkökulman huomioiminen infra-alan hankkeiden hankinnassa, Diplomityö, Aalto-yliopisto 6.5.2019

Suomen laki: www.finlex.fi, Oikeusministeriö

SYKLI:n www-sivut: Suomen ympäristöopisto SYKLIn kotisivut,

<https://sykli.fi/koulutusalat/resurssitehokkuus/>

Törn 2019: Resurssitehokkuus – mitä se on? Maria Törnin esitys 11.3.2019, SYKLI

VTT 2003: Talotekniikan LCA-laskentaohjelman käsikirja 28.3.2003, VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Väylävirasto 2019: Infran ja väylänpidon vaikutukset liikenteen päästöihin, tilannekatsaus, Tehtävämäärittely, Väylävirasto 8.5.2019



ISSN 2490-0745
ISBN 978-952-317-740-6
www.vayla.fi